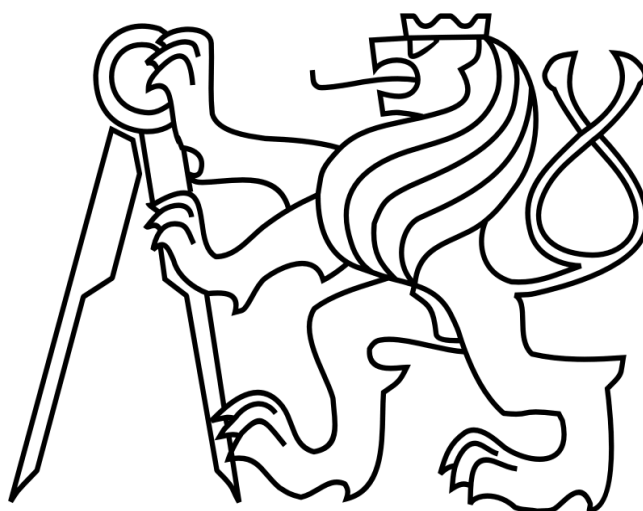


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Stavební práce v extrémních klimatických
podmínkách**

Kristina Yuryeva

2020

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne _____

Kristina Yuryeva

Poděkování

V první řadě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavovi Pospíchalovi, Ph.D., za odborné vedení práce, cenné rady, připomínky a motivaci.

V poslední řadě děkuji své rodině za podporu a trpělivost během celého studia.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Yuryeva	Jméno: Kristina	Osobní číslo: 459003
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství		
Studijní obor: (3607R045) Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Stavební práce v extrémních klimatických podmínkách	
Název bakalářské práce anglicky: Construction works in extreme climatic conditions	
Pokyny pro vypracování: Specifika výstavby v extrémních klimatických podmínkách, konkrétně nízkých teplot Rozbor vybraných stavebních procesů (technologický postup, skladování materiálů, rizika apod.) Porovnání časové a finanční náročnosti vybraných stavebních procesů vyvolané extrémními teplotami	
Seznam doporučené literatury: L. G. Dikman: Organizaciya stroitel'nogo proizvodstva: uchebnik dlya vuzov, ASV Moskva 2003 V. I. Telichenko: Tehnologiya stroitel'nykh processov: Uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov, Vissshaya shkola Moskva 2005	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2020	Termín odevzdání bakalářské práce: 17.05.2020 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Stavební práce v extrémních klimatických podmínkách

Anotace

Cílem bakalářské práce je řešení problematiky výstavby v extrémních klimatických podmínkách. Měla by zjistit, která opatření jsou potřebná pro kvalitní provedení vybraných stavebních prací za nízkých teplot. Dále se tato práce zabývá správným skladováním stavebních materiálů v zimním období.

Součástí práce je také výběr vhodných opatření a porovnání časové a finanční náročnosti na konkrétním příkladu za normálních a extrémních klimatických podmínek.

Analýza srovnávacího příkladu by měla ukázat, jaký vliv mají extrémní klimatické podmínky na cenu a dobu provedení práce.

Klíčová slova

Extrémní klimatické podmínky, opatření, kalkulace, harmonogram

Construction works in extreme climatic conditions

Annotation

The purpose of this bachelor thesis is to point out problem of construction in extreme climatic conditions. Figuring out which measures are needed to take to allow high-quality construction works at low temperatures. Also, this work deals with proper storage of building materials in winter.

One of the parts of thesis is choosing measures for selected aspects of the construction and bringing into comparison time and financial demands on chosen example. Comparison will be between normal and extreme climatic conditions.

After comparison will be determined impact of low temperatures to price and time of construction processes.

Key words

Extreme climatic conditions, measures, calculation, schedule

Obsah

ÚVOD	9
I. TEORETICKÁ ČÁST	10
1. Specifika výstavby v zimě	10
1.1. Denní světlo	10
1.2. Pracovní podmínky a bezpečnost práce	11
1.3. Úklid staveniště	14
1.4. Používání strojů a nářadí.....	16
2. Zdění stěn v extrémních teplotních podmínkách	17
2.1. Čistý způsob zamrazení	17
2.1.1. Zamrazení s následujícím umělým roztáváním.....	19
2.2. Zamrazení s použitím nemrznoucích přísad.....	19
2.3. Elektroohřev zdiva	20
2.4. Zdění ve vytápěném stanu	22
2.5. Přirozené tání, sedání a deformace zděných konstrukcí	23
3. Hydroizolace v extrémních teplotních podmínkách.....	26
4. Provedení omítek v extrémních teplotních podmínkách	28
4.1. Vnitřní omítky	28
4.2. Vnější omítky	29
4.2.1. Omítka s použitím chlorované vody	30
4.2.2. Omítka s použitím amoniakové vody	31
4.2.3. Omítka s přidáním uhličitanu draselného	31
4.3. Odstranění solných výkvětů	31
5. Skladování materiálů v extrémních teplotních podmínkách	33
5.1. Materiály pro zednické práce.....	33
5.1.1. Zdicí prvky	33
5.1.2. Zdicí malta	35
5.1.3. Výztuž	36
5.1.4. Nemrznoucí přísady	36
5.2. Materiály pro hydroizolační práce	36
5.3. Materiály pro omítací práce	37
II. PRAKTICKÁ ČÁST	38
6. Porovnání časové a finanční náročnosti vybraných aspektů výstavby v extrémních klimatických podmínkách	38

6.1.	Popis stavby.....	38
6.1.1.	Výkopy a základy	40
6.1.2.	Nosné svislé konstrukce	40
6.1.3.	Vodorovné konstrukce	40
6.2.	Podmínky pro výpočet časové a finanční náročnosti v extrémních klimatických podmínkách	41
6.2.1.	Teplotní podmínky	41
6.2.2.	Výkonnost pracovníků za nízkých teplot	45
6.3.	Zdění nosných stěn	47
6.3.1.	Časová náročnost zdění nosných stěn za extrémních klimatických podmínek.....	47
6.3.2.	Finanční náročnost zdění nosných stěn za extrémních klimatických podmínek.....	50
6.3.3.	Porovnání časové a finanční náročnosti	51
6.4.	Aplikace vnitřních omítek	54
6.4.1.	Časová náročnost omítání vnitřních povrchů za extrémních klimatických podmínek	54
6.4.2.	Finanční náročnost omítání vnitřních povrchů za extrémních klimatických podmínek	56
6.4.3.	Porovnání časové a finanční náročnosti	57
6.5.	Střešní hydroizolace	60
6.5.1.	Časová náročnost střešní hydroizolace za extrémních klimatických podmínek.....	60
6.5.2.	Finanční náročnost střešní hydroizolace za extrémních klimatických podmínek.....	62
6.5.3.	Porovnání časové a finanční náročnosti	63
6.6.	Stanovení elektrického příkonu	65
6.6.1.	Stanovení zdánlivého maximálního příkonu.....	65
	ZÁVĚR.....	68
	LITERATURA	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	74
	SEZNAM TABULEK	76
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

V současné době stavební firmy dávají přednost celoroční výstavbě objektů, tedy bez přestávek kvůli nízkým nebo vysokým teplotám. V České republice se tématu výstavby za extrémních klimatických podmínek nevěnuje příliš pozornost. Zdůvodňuje se to tím, že stát leží v mírném klimatu a extrémně nízké nebo vysoké teploty se na jeho území nevyskytují. Podle mého názoru by tato problematika mohla zajímat české investory, kteří chtějí stavět v zahraničí, respektive v zemích ležících na severu, kde je počet dnů v roce s teplotou menší než nula je většina. Ale i podnebí v České republice se každým rokem víc a víc mění, a to pod vlivem globálního oteplování, proto si myslím, že téma je aktuální jak pro současnost, tak i pro budoucnost.

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na stavební činnost v extrémně nízkých teplotách, která vyžaduje přesné dodržování technologických postupů a využití dalších důležitých opatření pro její správné a bezpečné provedení.

Bakalářská práce má dvě části, teoretickou i praktickou.

V teoretické části se zabývám zásadami organizace výstavby v extrémních klimatických podmínkách ve vztahu k pracovníkům, technologiím a materiálům.

V praktické části představím konkrétní stavbu, pro kterou navrhnou nezbytná opatření k tomu, aby vybrané stavební práce mohly být provedeny při nízkých teplotách.

Cílem této práce je popsat specifiku výstavby v zimním období, technologické postupy vybraných stavebních prací, které umožňují jejich kvalitní provedení při nízkých teplotách, a určit správné podmínky pro skladování materiálů. Dále se práce věnuje časové a finanční náročnosti výstavby v extrémních klimatických podmínkách, konkrétně při nízkých teplotách.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. Specifika výstavby v zimě

Výstavba je docela náročný proces během tzv. stavební sezony, kdy teplota vzduchu je min +5°C. Pokud dojde k dalšímu snížení venkovní teploty, objeví se důležité okolnosti, na které je nutné dávat pozor během organizace stavebního procesu.

Patří mezi ně:

- Denní světlo
- Pracovní podmínky a bezpečnost práce
- Úklid staveniště
- Používání strojů a náradí

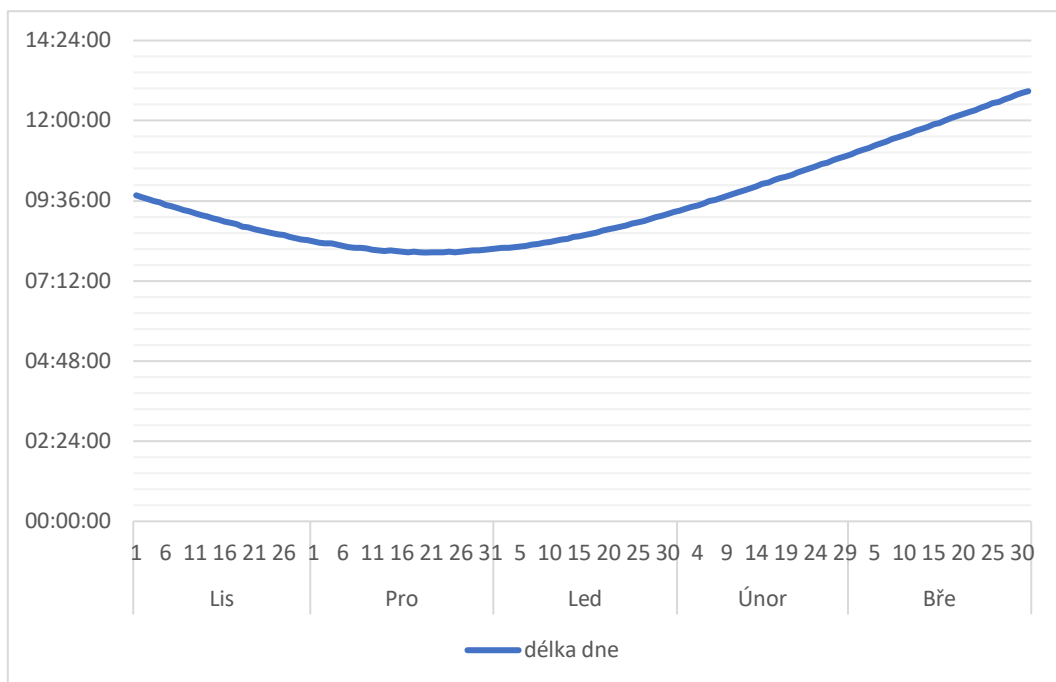
1.1. Denní světlo

Pracovní doba v zimě je ohraničená dobou mezi východem a západem slunce, to znamená, že během zimního období je pracovní den jednosměnný. Průměrná délka světového dne v těchto měsících je 9 hodin a 34 minuty, východ slunce přibližně v 7:18, západ v 16:52. [11] Bez dalších opatření je délka jedné směny cca 9 hodin, a proto bude doba trvání stavebních prací mnohem delší. Pokud je po západu slunce normální počasí a viditelnost, dá se prodloužit pracovní doba použitím umělého osvětlení o výkonu 300–500 luxů.

Tab. 1: Délka světového dne v zimním období

Nejmenší délka dne	08:03:00
Největší délka dne	12:53:00
Průměrná délka dne	09:34:04
Průměrný čas východu slunce	07:18:14
Průměrný čas západu slunce	16:52:18

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 1: Graf délky dne v Praze, zdroj: vlastní zpracování

1.2. Pracovní podmínky a bezpečnost práce

Zátěž chladem je rizikovým faktorem pracovních podmínek. Zaměstnanci, kteří pracují v chladném prostředí, mohou být ohroženi na zdraví. K takovým ohrožením patří:

- Podchlazení neboli hypotermie. Tělo člověka ztrácí teplo rychleji, než ho stihne vytvářet. Výsledkem je snížení tělesné teploty a mozkové činnosti.
- Omrzliny. Během mrazu člověk ztrácí citlivost v oblasti jeho působení a dochází k poškození tkáně, v nejhorších případech může dojít až k amputaci zasažené končetiny.
- Úraz způsobený uklouznutím. [14]

Jednou ze základních povinností zaměstnavatele je zajištění bezpečného pracovního prostředí, prevence rizik ohrožení zdraví pracovníků během pracovní doby, a to včetně zajištění školení o ochraně před chladem, a poskytování osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP).

Pracovní prostředí a organizace pracovní směny

Zaměstnanec, který pracuje v chladném prostředí – buď venku nebo v nevytápěném prostoru – má právo na bezpečnostní přestávku v ohřívárně. Ta musí být vybavená zařízením pro ohřev rukou. Ohřívárnou může být i místnost určená pro odpočinek. Teplota v ohřívárně musí být nejméně 22 °C. Bezpečnostní přestávka trvá minimálně 10 minut a započítává se do pracovní doby. [5]

Doba nepřetržitého trvání práce je ohraničená a závisí na teplotě prostředí a rychlosti větru.

Tab. 2: Doba trvání práce v závislosti na teplotě a rychlosti větru

Teplota vzduchu °C	Rychlost větru [m/s]											
	1		2		4		6		8		10	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
-10	120	1	100	1	80	1	60	2	50	2	40	3
-15	70	1	60	2	50	2	40	3	35	3	30	4
-20	50	2	45	3	40	3	35	3	30	4	25	4
-25	40	3	35	3	30	3	30	4	25	4	20	5
-30	30	4	30	4	25	4	25	5	20	5	17	6
-35	25	4	25	4	20	5	20	5	17	6	15	7
-40	22	5	20	5	20	5	17	6	15	7	15	7
-45	20	5	20	5	15	6	15	7	15	7	10	8

A – doba nepřetržitého trvání práce [min];
B – počet 10minutových přestávek pro ohřívání během čtyřhodinové směny

Zdroj: vlastní zpracování




Při nízké teplotě by měl zaměstnavatel poskytnout pracovníkům ochranný nápoj. Minimální množství nápoje je půl litru za osmihodinovou směnu. Nápoj musí být teplý, obsahovat maximálně 6,5 hmotnostních procent cukru, ale i látky, které zvyšují odolnost organismu. [5]

Osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP)

Zaměstnanec musí být vybaven pracovním oděvem, rukavicemi a pracovní obuví, které musí mít dobré tepelněizolační vlastnosti. Ty lidskému organismu zabezpečující tepelně neutrální podmínky, tj. 36–37 °C. [6]

Náklady na OOPP hradí zaměstnavatel. Seznam prvků je uveden v následující tabulce, a to včetně průměrných nákladů.

Tab. 3: Průměrné náklady na zimní OOPP

Položka	Vzor	Průměrná cena s DPH
Zimní bunda		1500 Kč
Zimní kalhoty		800 Kč
Zimní obuv		1000 Kč

Čepice		150 Kč
Kukla		100 Kč
Rukavice		100 Kč
Celkem		3650 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

Zdroj obrázků: [13]

1.3. Úklid staveniště

Pořádek na staveništi je základem úspěšné a bezpečné realizace stavebních prací. Zaměstnavatel musí zajistit na staveništi podmínky pro bezpečný výkon práce. V zimním období je nutné všechny komunikace, chodníky a pracovní plochy vyčistit od sněhu a ledu.

Na zledovatělé plochy je dobré použít posypový štěrk, písek nebo posypovou sůl, která led rozpustí. Práci s těmito materiály usnadní posypové vozíky. [15]



Obr. 2: Posypový vozík, zdroj: [15]

K odstranění sněhu ze staveništních komunikací se používá speciální technika (sněžná fréza, zametací kartáč atd.), která zajistí rychlý a snadný úklid staveniště. Na malé plochy se dá použít i ruční nářadí (lopata, kartáč, sekáček na led).



Obr. 3: Sněžová fréza, zdroj: [18]

Díky pravidelné zimní údržbě komunikací se zlepší přístupnost stavby a předejde se tak potenciálním úrazům pracovníků po uklouznutí na ledu.

1.4. Používání strojů a nářadí

Nízké teploty zvětšují mechanické namáhání strojů a nářadí, a proto je jejich údržba během zimního období specifická.

Údržbu strojů je tedy nutné rozdělit na letní a zimní (tzv. sezonní ošetřování). Při nízkých teplotách mají materiály jako paliva, maziva, kovy kompozity nebo plasty jiné vlastnosti, což negativně ovlivňuje provoz strojů. S tímto faktorem se počítá během organizace technické údržby.

Aby se nesnižovala životnost strojů a nářadí, je potřeba je používat velice opatrně – např. při sníženém výkonu. Tím pádem ale může dojít k prodloužení doby trvání stavebních prací.

Nízké teploty mají vliv na další komponenty stavební mechanizace:

- Palivo a motorový olej se snižující se teplotou houstnou a zvyšuje se jejich viskozita.
- Spáry mezi detaily se zvětšují.
- Většina gumových detailů může ztratit pružnost, při extrémně nízkých teplotách jsou křehčí.
- Komponenty z plastu. Kvůli zvýšení jejich křehkosti může dojít ke vzniku trhlin nebo jiných poruch.
- Akumulátory mohou v mrazu rychle ztrácet svou kapacitu.
- Mrazy a sníh mají silný vliv na vznik povrchové koroze u kovových částí nářadí.

Aby mechanizace správně fungovala, je doporučeno ji skladovat na teplém a suchém místě. Např. vhodná teplota pro uložení baterií je mezi 15–20 °C. Obecně platí, že pracovník před začátkem práce musí velmi pečlivě zkontrolovat jak mechanizace, tak i nářadí, nicméně je stejně důležité ho kontrolovat také v průběhu práce. [17]

2. Zdění stěn v extrémních teplotních podmínkách

Nízké teploty mají velký vliv na procesy, které probíhají v čerstvě zhotoveném zdivu. Tvrdnutí malty se zastavuje kvůli přechodu vody na led, reakce hydratace cementu se zpomaluje a nakonec zastaví s klesající teplotou malty. Malta se transformuje do pevného mixu z cementu (vápna), písku a ledu. Objem vody se při přechodu na led zvětší, a proto se zvětší i objem malty. Výsledkem tohoto procesu je porušení vazeb mezi částicemi malty, její pevnost se tudíž rychle sníží. Na povrchu zdiva vzniká tenká vrstva ledu, která rovněž snižuje pevnost spojení malty se zdivem. Po 28 dnech ranních mrazů bude výsledná pevnost zdiva mnohem nižší než u zdiva, které „zrálo“ za normálních teplotních podmínek.

Ve vápenné maltě se při mrazu proces tvrdnutí rovněž přerušuje, ale ve srovnání s cementovou maltou po rozmrazení reakce hydratace znovu nevzniká. [1]

Specifika zdění stěn v extrémních teplotních podmínkách:

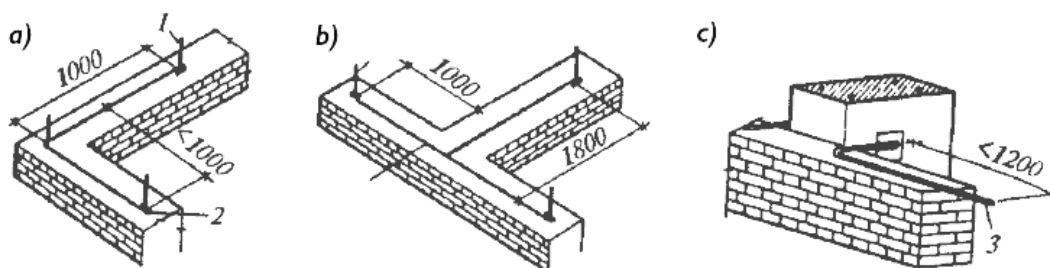
- Pracovní prostor je menší než za normálních podmínek, větší počet pracovníků v jedné četě, nutnost rychlého zdění ve vertikálním směru spolu se souběžnou prací v celém záběru.
- Čerstvá malta musí být zpracovaná během 20–30 minut po jejím zhotovení, nádoba na maltu musí být zateplená a měla by mít svůj ohřev.
- Zdicí prvky musí být suché a bez námrazy.
- Během přestávky zedníci nesmí ponechat maltu na vrchní vrstvě zdiva, aby nedošlo k jejímu zamrznutí.

2.1. Čistý způsob zamrazení

Základem tohoto způsobu je používání ohřátých složek zdicí malty. Záměsová voda do malty by se měla ohřívat do 80–90 °C, suchá malta do 60 °C. Teplota cementové nebo vápenocementové malty během zpracování nesmí klesnout pod +20 °C při teplotě prostředí 0 °C. Pokud teplota prostředí bude pod bodem mrazu, musíme zvýšit teplotu čerstvé malty o to víc. Malta sice zmrzne dřív, než dosáhne stanovené pevnosti, ale už bude mít tzv. „kritickou pevnost“, která obvykle odpovídá více než 20 % pevnosti dle třídy. Proto malta během rozmrazení pokračuje v tvrdnutí a tuhnutí, ale nedosáhne pevnosti požadované projektovou dokumentací.

Abychom dosáhli pevnosti stanovené projektem, musíme použít maltu o stupeň kvalitnější. Nesmíme zapomenout ani na to, že od mrazu a sněhu musí být očištěné i cihly.

Zdění se provádí na celou tloušťku stěny najednou. Doporučuje se nechat maltu zamrznout, jakmile je uložena 5.-6. vrstva. V takovém případě se sníží sedání při rozmrzání. Pro zvýšení pevnosti konstrukce se dá použít lokální vyztužení zdiva: v rozích, v místech napojení jedné stěny na druhou a v místech napojení stěny na sloup. [1]



a – v rozích; *b* – v napojení stěn; *c* – v místech napojení stěny na sloup;

1 – svislá výztuž o průměru 10–12 mm; 2 – vodorovná výztuž o průměru 8–10 mm;

3 – vodorovná kotva o průměru 8–10 mm

Obr. 4: Zesílení zdiva pomocí výztuže, zdroj: [1]

Další specifika:

- Tento způsob není vhodný pro zdivo, na které působí síly s významnou výstředností, a pro konstrukce, na které působí vibrace. Není vhodný ani pro zdivo z přirozeného kamene a pro klenby.
- Používá se pouze cementová malta, protože vápenná nemá schopnost tvrdnout po rozmrzání.
- Na pracovní místo se dodává malta v malém množství (pro 20–30 minut práce), teplota malty musí být minimálně +20 °C.
- U zdění sten při nízkých teplotách je nutné vest deník kontrol provedení práce a rozmrzání zdiva, protože kvůli různé objemové hmotnosti malty během rozmrzání může dojít k nerovnoměrnému sedání zdiva.

2.1.1. Zamrazení s následujícím umělým roztáváním

Umělé roztávání (cca 0,4–0,5 tloušťky stěny) pomoci ohřívání konstrukce zevnitř budovy chrání zdivo proti sedání během přirozeného rozmrzání. Tento způsob také zvyšuje pevnost nosné konstrukce a prostorovou tuhost. [3]

Umělé roztávání se používá v následujících případech:

- Během výstavby objektů, která nepovoluje sedání zdiva.
- U nosných stěn a monolitického stropu, který je podepřen těmito stěnami, přičemž uvnitř jsou umístěné železobetonové nebo ocelové sloupy.
- Pro zabezpečení stability volně stojících konstrukčních prvků (sloupy s dutinou, komíny) a pro zvýšení stability stěn u vícepodlažních budov v průběhu přirozeného rozmrzání.

2.2. Zamrazení s použitím nemrznoucích přísad

Použití cementových a vápenocementových malt s přidávkem přísad, které zabraňují zamrznutí (tzv. nemrznoucí přísady), umožňuje dosáhnout min. 20 % pevnosti stanovené v projektu. Při lepších teplotních podmínkách během zimního období může malta dosáhnout až 70–80 % požadované pevnosti. Pevnost zdiva tak může být prakticky stejná jako u zdiva, které bylo provedeno za normálních teplotních podmínek.

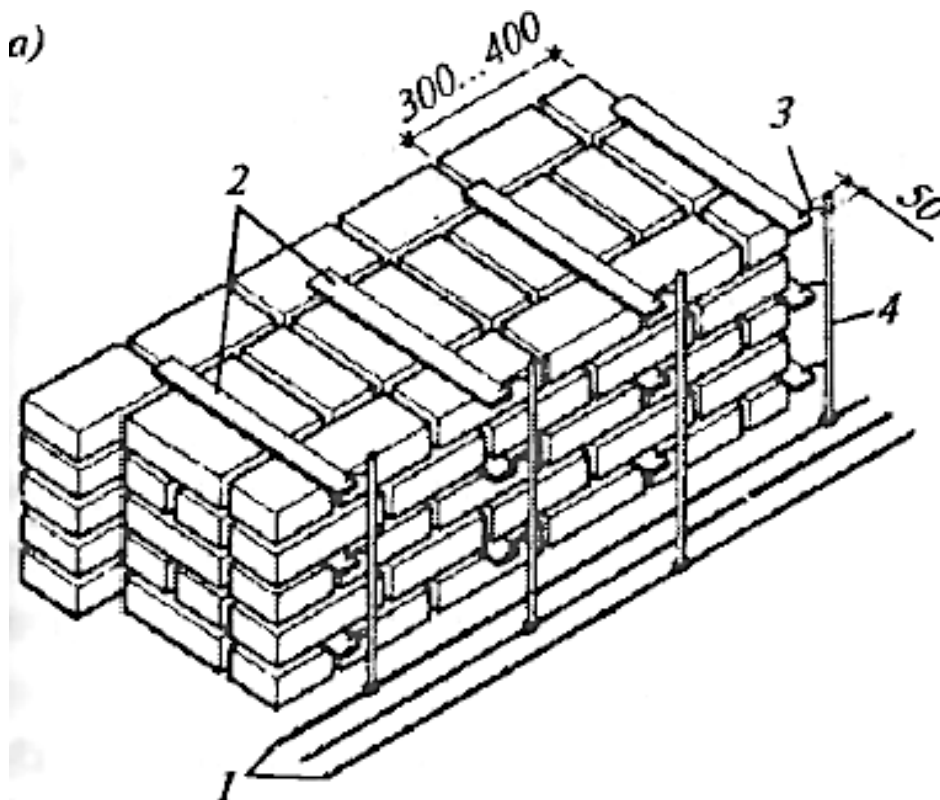
Malty s přísadami, jako jsou chloridy sodný, vápenatý nebo amonný, tvrdnou při nižších teplotách (do -10 °C). Pro budovy, jejichž účelem je trvalý pobyt osob, se ale tyto přísady použít nemohou. Povoleny jsou pouze malty s obsahem uhličitanu draselného nebo 3–6% roztokem dusitanu sodného.

Při teplotách do -15 °C se může provádět zdění maltou s obsahem dusitanu sodného (5–10% hmotnosti malty). Musí se ale zpracovat za 1,5–3 hodiny. Pokud bude teplota prostředí pod -15 °C, malta přestává tvrdnout, ale při rozmrzání začne opět tuhnout a tvrdnout.

Při teplotách do -30 °C se do malty přidávají uhličitan draselný (5–10 % hmotnosti malty) a plastifikátor. Proces tvrdnutí se tím sice zpomaluje, ale zůstává stále intenzivní. Proto je nutné zpracovat celý objem čerstvé malty během jedné hodiny. Dusičnan sodný navíc způsobuje korozi a porušení struktury silikátů. Matly s těmito přísadami se nesmí použít u zděných konstrukcí ze silikátových cihel. [1]

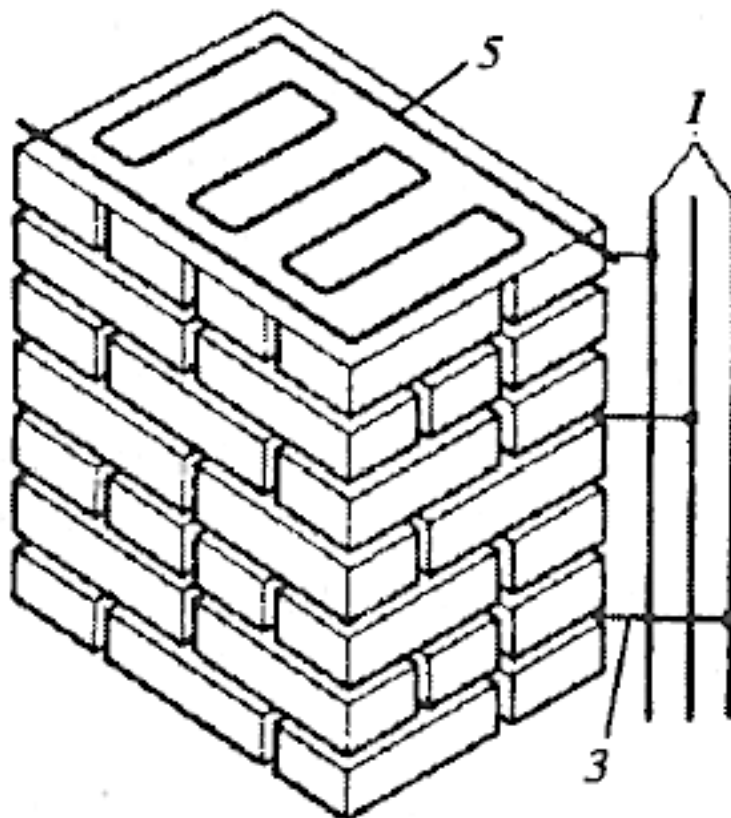
2.3. Elektroohřev zdiva

Způsob elektroohřevu je určený pro malý objem práce nebo pouze pro nosné stěny a pilíře. Používá se při něm cementová malta. Elektroohřev se provádí s použitím ocelových drátů o průměru 5–6 mm nebo ocelových plechů o šířce 40–60 mm, které se ukládají v průběhu zdění do ložné spáry ve vzdálenosti 250–400 mm, s přesahem cca 50 mm. Dráty nebo plechy se ukládají v každé druhé nebo třetí řadě zdiva. U zděných pilířů se jako elektroda používá výztužná síť. Dráty se musí propojit s kabely pro vedení napětí (obvykle 230–400 V). Ohřev zdiva probíhá pomocí přeměny elektrické energii na teplo. [1]



1 – elektrická síť; 2 – elektrody (drát nebo plech); 3 – spojka; 4 – kabel

Obr. 5: Schéma elektroohřevu stěny, zdroj: [1]



1 – elektrická síť; 3 – spojka; 5 – výztužná síť

Obr. 6: Schéma elektroohřevu zděného pilíře, zdroj: [1]

V každém konstrukčním prvku je nutné nechat mezery pro měření teploty, tzv. teplotní sondy, a to jednu sondu na každé 1,5-2 m³ stěny. Měření musí probíhat jednou za dvě hodiny a teplota se musí zapisovat do protokolu. [3]

Tab. 4: Protokol měření teploty

Pořadové číslo	Čas měření	Čas zahájení ohřevu	Číslo teplotní sondy			Průměrná teplota	Teplota vzduchu	Poznámky

Zdroj: vlastní zpracování

Dosažená pevnost zdiva je závislá na jeho teplotě během ohřátí a délce ohřevu. Průměrné hodnoty jsou uvedené v Tab. 5.

Tab. 5: Pevnost zdiva

Pevnost zdiva	Teplota zdiva během ohřátí	Doba ohřevu
50 % od požadované pevnosti	+35 °C	24 hodin
70 % od požadované pevnosti	+35 °C	50 hodin
	+40–45 °C	24 hodin

Zdroj: vlastní zpracování

Elektroohřev zdiva do teploty +35 °C obvykle trvá cca 20–30 hodin, do teploty +45 °C cca 25–35 hodin. Doba ohřevu je závislá na teplotě vzduchu, rychlosti větru a velikosti konstrukce.

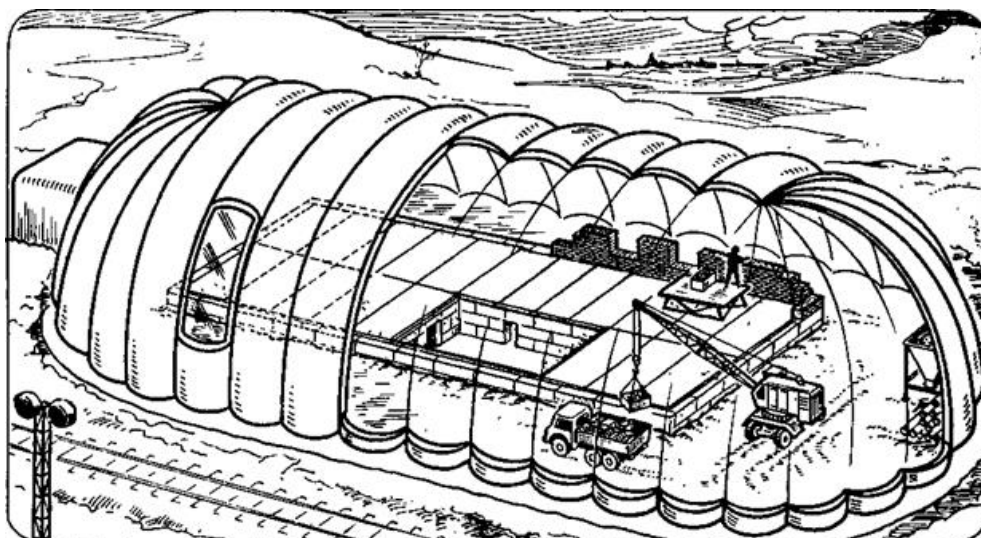
Spotřeba elektřiny pro ohřev zdiva se přibližně rovná spotřebě při ohřevu betonových konstrukcí, a to je 95–175 kWh/m³.

Aby nedocházelo k velkým teplotním ztrátám, doporučuje se používat lehké dřevěné konstrukce, které se umístí na vnější straně zdiva. Samozřejmě v dostatečné vzdálenosti od jeho povrchu, aby nedošlo ke vzniku požáru. [3]

2.4. Zdění ve vytápěném stanu

Vytápěný stan je dočasnou stavbou, ve které se provádějí stavební práce. Stan může být postavený nad celým stavebním objektem nebo pouze nad jeho částí. Rozměry stanu jsou závislé na používané mechanizaci, velikosti skladu materiálů a samotného objektu. Obvykle se tento způsob používá k výstavbě malých objektů nebo ve výjimečných případech (při teplotě vzduchu od -30 °C a nižší), a to kvůli vysokým nákladům. [1]

Průměrná cena za m² stanu (bez nákladů na vytápění) je 880–900 Kč.



Obr. 7: Zdění stěn ve vytápěném stanu, zdroj: [20]

Nejprve se „ručně“ postaví skelet ze dřeva nebo lešení a pak se na něj umístí ochranný materiál – fólie, voděodolná tkanina apod. Nebo se „nafoukne“ prostřednictvím nízkotlakové pneumatické sestavy s přetlakem vnitřního vzduchu 0,1–1 kPa. Uvnitř stanu se musí umístit přímotopy, aby teplota vnitřního prostředí byla +10 °C a vyšší.

Všechny stavební materiály, které se používají ke zdění objektu, je nutné před zahájením práce uchovávat ve stanu. Technologický postup zdění stěn ve vytápěném stanu je stejný jako u zdění stěn za normálních teplotních podmínek. Hotové konstrukce vydrží ve stanu do momentu dosažení požadované pevnosti, obvykle je to min. 3 dny. [20]

2.5. Přírozené tání, sedání a deformace zděných konstrukcí

Obleva, která trvá méně než den, nemá vliv na roztávání zdiva, pokud trvá více než den při teplotě zdiva -2 °C, začíná sedání zdiva.

Dvou- až třídní obleva s teplotou prostředí +2–30 °C může způsobit plné rozmrznutí zdiva a nebezpečné deformace. Sedání totiž může být nerovnoměrné, což je problematictější než snížení pevnosti.

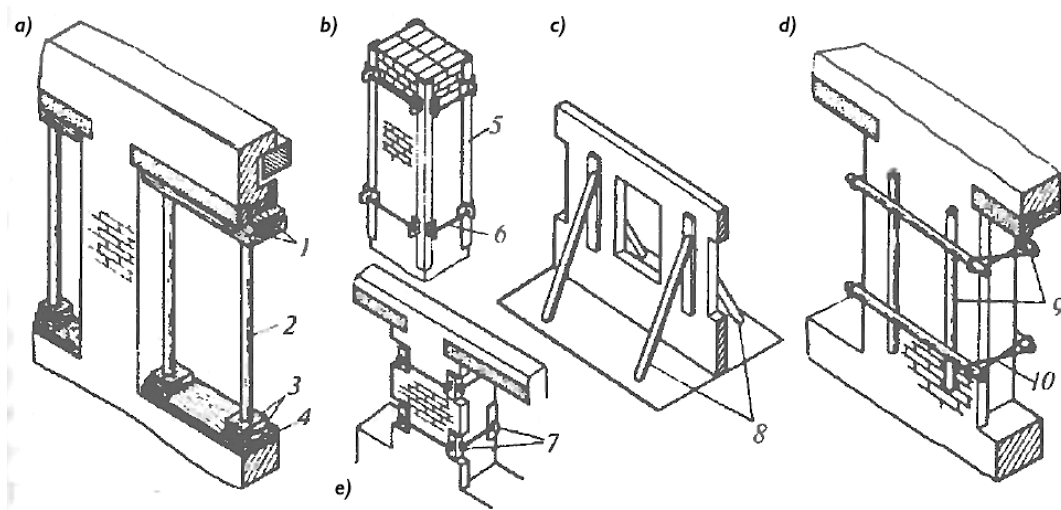
Průměrné hodnoty sedání:

- Cihelné zdivo a zdivo z betonových tvárnic: 0,5–1 mm na 1 m výšky
- Zdivo z přírodního kamene: 1–2 mm na 1 m výšky

V průběhu rozmrzání zdiva je nutné:

- Kontrolovat rozmrzání a sedání
- Kontrolovat tvrdnutí malty ve spárách. Ze stejné malty, která byla použita u zdiva, se vyrobí vzorec cca 70 x 70 x 70 mm a pomocí něj se kontroluje pevnost malty
- Pokud se projeví účinky deformace, musí se kontrolovat jejich průběh. Deformované zdivo se dá vyrovnat během 2–5 dní za předpokladu, že malta ještě neztvrdla.

Za účelem snížení namáhání otvorů u zděné konstrukce je nutné ho podepřít stojkami s nastavitelnou výškou nebo stojkami s klíny z měkkého dřeva. Ke zvýšení únosnosti a stability zděných sloupů se vytvářejí pomocné konstrukce z ocelových L profilů a lišt, které se mezi sebou spojují šrouby. Stěny, u kterých výška je pětkrát větší než tloušťka, se musí podepřít ze dvou stran. Zesílení meziokenních sloupů se provádí stejně jako u obyčejných sloupů, popř. pomocí dřevěných trámů spojených drátem. Aby se snížil vliv zatížení stropní konstrukce na zdivo, je nutné použít stropní stojky. [1]



a – podepření otvorů stojkami; b – sloupy s ocelovými profily; c – stěna s podpěry ze dvou stran; d – meziokenní pilíř s dřevěnými trámy; e – sloup se svorkami
1 – trám; 2 – stojka; 3 – klíny; 4 – dřevěná podložka; 5 – ocelový L profil; 6 – ocelová lišta nebo šroub; 7 – svorky; 8 – podpěry; 9 – dřevěné trámy; 10 – drát

Obr. 8: Zesílení zdiva v průběhu rozmrzání, zdroj: [1]



Obr. 9: Zesílení sloupu, zdroj: [21]

3. Hydroizolace v extrémních teplotních podmínkách

Požadavky na provedení hydroizolace za nízkých teplot závisí na vlastnostech používaných materiálů. Provedení v exteriéru bez realizace pomocných opatření je povoleno do teploty +5 °C. Hydroizolace by se neměla provádět za deště, sněhu, při námraze, mlze a silném větru. Jinak je nutné postavit vytápěný stan. Pracovní postup je stejný jako za normálních teplotních podmínek. V extrémních podmínkách je nutné provést celou hydroizolační vrstvu v jednom denním záběru. [2]



Obr. 10: Provedení hydroizolace ve vytápěném stanu, zdroj: [22]

V prostorech pro provedení hydroizolace se musí dodržovat teplotní podmínky, rozmezí je +10–15 °C. Pracovní prostor musí být chráněn proti srážkám a větru. Plochy, na kterých bude provedena izolace, by měly být čisté, bez prachu, vody, sněhu, námrazy a profouknuté stlačeným vzduchem. Ohřev povrchu se provádí do zahájení práce. Veškeré materiály by před použitím měly mít teplotu, kterou vyžaduje technologický postup. [2]

Natavované modifikované asfaltové pásy jsou sice ohebné i při teplotách do -25 °C, ale pokud nemá pracovník dostatečné zkušenosti nebo je teplota okolních konstrukcí je nedostatečná, může dojít ke snížení kvality provedení práce. Při vhodném ohřívání okolních konstrukcí se dá s modifikovanými pásy pracovat i za teplot nižších než doporučených. [10]

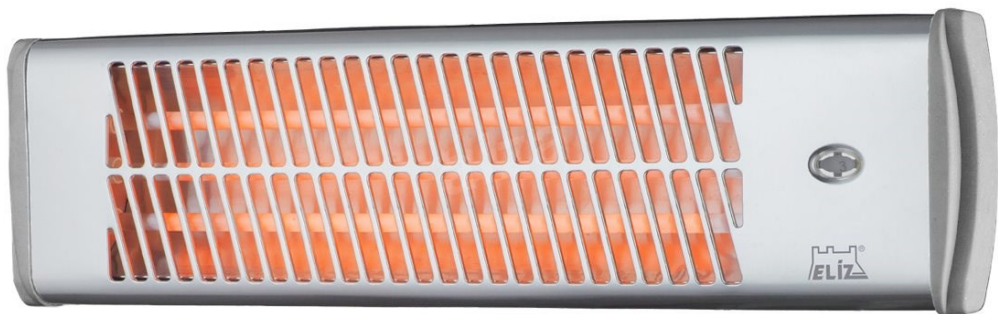
Při vnitrostaveništní dopravě materiálů je nutné pamatovat na to, aby byly přemísťované v zatepleném obalu, nemělo by dojít ke ztrátě požadované teploty. Stěrky, tmely a nátěry se mohou používat pouze s nemrznoucími přísadami.

Pro výpočet nákladů na provedení hydroizolace za nízkých teplot je nutné počítat s vyšší spotřebou plynu do hořáků a se zvýšením pracnosti. [10]

4. Provedení omítek v extrémních teplotních podmínkách

4.1. Vnitřní omítky

Vnitřní omítky se provádějí při teplotě vnitřního prostředí min. +10 °C, teplota omítky před nanášením na povrch musí být min. +8°C. U hadic omítacího stroje je nutné zateplit tu část, která je vystavená okolí. Pokud je povrchem pro omítání zdivo, které se vybuchovalo způsobem zamrazení, provedení dalších omítacích prací je povoleno pouze po rozmrazení do poloviny tloušťky stěny ze strany pracovního povrchu. Zděné konstrukce musí být před omítáním suché, vlastní vlhkost zdiva nesmí přesáhnout hodnotu 8 %. Tepelné mosty se během a po nanášení omítky doporučují ohřívat elektrickými konvektory nebo infrazářiči, používat horkou vodu je zakázáno. [2]



Obr. 11: Infrazářič, zdroj: [23]

Vnitřní omítky se doporučují provádět v místnostech, ve kterých už funguje systém vytápění. Jinak je nutné zabezpečit vytápění pracovního prostoru topnými tělesy. Vybraný způsob ohřívání místnosti nesmí znečišťovat ovzduší látkami ze spalování paliv.



Obr. 12: Průmyslové topidlo s ventilátorem, zdroj: [24]

Doba zrání vápenné a vápenosádrové omítky je 10–15 dnů, místnost se zrající omítkou je nutné pravidelně větrat. Doba zrání cementové a vápenocementové omítky je menší, přibližně 6–7 dnů bez větrání, protože tento druh omítky potřebuje během zrání vlhký vzduch. [2]

4.2. Vnější omítky

Za nízkých teplot se nedoporučuje provádět venkovní omítací práce ve velkém rozsahu. Obvykle se v této době dokončují procesy, které byly zahájeny na podzim, nebo se realizují mimořádné práce.

Omítání fasády obyčejnou omítkou je povoleno za teplot do +5 °C. Při nižších venkovních teplotách se používají nehašené vápno nebo nemrznoucí přísady, čerstvá omítka musí být ohřátá.

Omítací práce na fasádě ohřátou čerstvou maltou se doporučují provádět do teploty -15 °C, a to bez realizace pomocných opatření. Při nižší venkovní teplotě se aplikace omítky provádějí ve vytápěném stanu. Čerstvá omítka musí být připravená v zateplených prostorech, dopravovat omítku do pracovního prostoru je nutné v zateplených nádobách.

Nehašené vápno během procesu hydratace zvyšuje teplotu omítky, tím pádem zabezpečuje přilnutí a tvrdnutí během 20–30 minut. Aplikace omítky do tloušťky 25 mm se musí provést v jedné vrstvě.

Použití nemrznoucích přísad eliminuje vznik solných výkvětů na omítaném povrchu. Pro tyto účely se doporučuje používat přísady s obsahem uhličitanu draselného nebo dusitanu sodného. Množství přísady závisí na venkovní teplotě a vlastnostech používané omítky. Teplá (od +5 °C) čerstvá omítka s nemrznoucími přísadami se aplikuje ručně nebo pomocí omítacího stroje, všechny vrstvy omítky se ale musí provést během jedné směny. [2]



Obr. 13: Solné výkvěty na omítce, zdroj: [25]

4.2.1. Omítka s použitím chlorované vody

Tento způsob je možné použít do venkovní teploty -25 °C. Do teplé vody (+30–35 °C) se přidává chlorové vápno (na každých 100 litrů vody 12–15 kg), rozmáchá se a potom se nechá asi hodinu sedimentovat. Eliminuje se tak vznik trhlin účinkem vápenné sraženiny, která vzniká během mísení. Teplota čerstvé omítky před aplikací by měla být minimálně +5 °C, přičemž nezáleží na venkovní teplotě. Každá další vrstva se dá aplikovat pouze tedy, až vyzraje předcházející. Omítka s chlorovanou vodou je nezávadná, protože chlorové vápno se vypaří asi za 7–8 dnů. Lidé, kteří pracují s chlorovanými roztoky, musí mít pracovní oděv s odolností proti chemickým látkám a používat plynovou masku nebo respirátor. [2]

4.2.2. Omítka s použitím amoniakové vody

Omítka s amoniakovou vodou se dá použít do $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento způsob je možný pouze u cementové a vápenocementové omítky. Přípravovat se může i za nízkých teplot prostředí. Na stavbu se amoniaková voda přepravuje v uzavřených obalech. Vzhledem k tomu, že amoniak se snadno vypařuje, teplota vody před přípravou a během aplikace omítky musí být maximálně $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Omítky s amoniakovou vodou mají větší pevnost po zmrznutí. [2]

4.2.3. Omítka s přidáním uhličitanu draselného

U omítek s použitím potaše nevznikají po vyžrání solné výkvěty a nedochází u ní ke korozi kovů. Uhličitan draselný se rozpouští ve vodě, teplota omítky během její aplikace musí být min. $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Množství přísady zaleží na venkovní teplotě.

Tab. 6: Množství potaše v závislosti na venkovní teplotě

Teplota vzduchu	Množství potaše
Do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	1 % od hmotnosti suché směsi
Od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,5 % od hmotnosti suché směsi
Od $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$	2 % od hmotnosti suché směsi

Zdroj: vlastní zpracování

Při práci s uhličitanem draselným musí mít pracovníci stejné OOPP, jako při práci s chlorovanou vodou – pracovní oděv a plynovou masku nebo respirátor. [2]

4.3. Odstranění solných výkvětů

Odstraňování solných výkvětů je proces relativně jednoduchý. Většina výkvětů na omítaném povrchu se dá odstranit suchým kartáčem a následně proudem čisté vody. Pokud čištění kartáčem není účinné, je možné k odstranění výkvětů použít lehké tryskání pískem malé frakce. Tryskání pískem je nutné provádět velmi opatrně, aby nedošlo ke zdrsnění povrchu a změně vzhledu omítaného zdiva.

K odstranění solných výkvětů se může použít i zředěný roztok kyseliny chlorovodíkové (5–10 % u obyčejného zdiva a cca 2 % u barevného). Doporučuje se vyzkoušet její účinek na malé ploše, aby se vyloučily nežádoucí reakce stavebního materiálu s kyselinou.

Před aplikací kyseliny je nutné namočit povrch čistou vodou, tím se zabrání průniku kyseliny do stěny a případnému poškození. Kyselina se nanáší na malou plochu, ponechá účinkovat cca 5 minut, pak se usazenina vydrhne tvrdým štětinovým kartáčem. Nesmí se používat drátěné nebo ocelové kartáče. Po tomto ošetření se povrch opláchně proudem čisté vody. Má-li povrch zůstat barevný, oplach vodou se provede velmi důkladně a ponechá se vlivu okolního vzduchu alespoň jeden měsíc.

Při odstranění solných výkvětů pomocí kyseliny je nutné postupné ošetření celé plochy stěny, protože kyselina může mírně změnit vzhled povrchu. [26]

5. Skladování materiálů v extrémních teplotních podmínkách

Sklady jsou důležitými součástmi každé stavby. Správné skladování materiálů má vliv nejen na jejich vlastnosti, ale také na bezpečnost pracovníků a návštěvníků stavby. Nízké teploty pracovního prostředí jsou rizikovým faktorem pro skladování stavebních materiálů, protože při nedodržení norem skladování může dojít ke zhoršení jejich vlastností, jejich degradaci nebo ke zničení.

5.1. Materiály pro zednické práce

Nedodržení správných podmínek pro skladování zdicích prvků způsobuje ztrátu do 30 % množství materiálů.

5.1.1. Zdicí prvky

Společné požadavky na skladování zdicích prvků je následující:

- Prostor pro skladování musí být čistý a uklizený, bez sněhu a vody
- Plocha má být rovná, maximální sklon je 5 %
- Pro skladování prvků se doporučuje používat kryté sklady (s přístřeškem), aby prvky byly chráněny proti srážkám

Rozlišuje se několik druhů zdicích prvků: keramické tvárnice, pórobetonové a vápenopískové tvárnice, plné cihly, šamotové cihly a zdicí prvky pro pohledové a lícové zdivo. Každý typ zdicích prvků má zvláštní způsob skladování. [27]

Keramické tvárnice a plné cihly

Tyto zdicí prvky jsou hygroskopické, mají tedy schopnost snadno pohlcovat a udržovat vlhkost. Voda za nízkých teplot zamrzá a zvětšuje svůj objem. To může vést k poruše materiálů.

Keramické a cihlové prvky se musí skladovat na suchém místě, na paletách, aby byly chráněny proti vlivům sněhu, deště a námrazy. Pokud není možné skladovat materiál v krytém skladu, měla by se paleta s materiálem ovinout fólií.



Obr. 14: Zafóliované palety s děrovanými cihlami, zdroj: [27]

Zafóliované výrobky se musí skladovat na rovném a odvodněném podkladu. Palety se mohou na sebe skládat v počtu od dvou do čtyř, pro umístění další palety musí být horní plocha očištěná od sněhu a námrazy, aby nedošlo ke sklouznutí horní palety. [27]

Pórobetonové zdivo

Pórobetonové tvárnice jsou rovněž hygroskopické. Pohltili-li vlhkost, může dojít ke ztrátě tlakové pevnosti materiálu až do 20 %.

Pórobeton by se měl skladovat na suchém místě, na paletách, v minimální vlhkosti, v prostoru chráněném proti vlivům sněhu, deště a námrazy. Opět se může ovinout fólií.



Obr. 15: Zafóliované palety s pórobetonovými tvárnicemi, zdroj: [28]

Zafóliované výrobky je nutné skladovat na rovné, pevné a odvodněné ploše. Doporučená výška stohovacího bloku je maximálně dvě palety tvárnic, palety by se neměly stohovat do „pyramidy“. [28]

Pohledové a lícové zdivo

Prvky, které jsou určeny pro použití bez dalšího omítaní a jakékoliv úpravy, se musí skladovat na suchém místě a na paletách. Zdicí prvky je nutné chránit proti působení UV záření, aby nedocházelo ke změně barvy materiálu. Palety s výrobky pro lícové zdivo se nesmí ukládat na sebe. [27]

5.1.2. Zdicí malta

Zdicí malta může být dodávána v pytlích nebo volně ložená ve speciálních silech.

Malta v pytlích by se měla skladovat na paletách v suchém prostředí, které je chráněné před vzdušnou vlhkostí (maximální možná relativní vlhkost je 75 %). Nejlepším způsobem skladování malty v pytlích je uložení v uzavřeném skladu. Pytle na paletách je možné ukládat pouze do výšky 1,5 m. [29]



Obr. 16: Skladování maltových směsí na paletách

Zdroj: <https://chm-b.com/usloviya-hraneniya-tsementa-v-meshkah/>

Malta volně uložená v silech by měla být chráněná proti průniku vody.

5.1.3. Výztuž

Ocelovou výztuž je nutné skladovat rozříděnou podle přiložených štítků v suchém prostředí, nejlépe v krytém skladu. Pokud to není možné, dá se ukládat na zpevněný podsyp, šterkový nebo betonový. K zabezpečení správného odvodnění a tvaru výztuže (aby nedošlo k prohýbání a dalším deformacím), měla by se výztuž umístit na podpory. Kotouče s ocelovými dráty se ukládají svisle.

5.1.4. Nemrznoucí přísady

Všechny přísady by se měly skladovat v uzavřených obalech a v uzavřených skladech s teplotou v rozmezí +5 až +30 °C. Musí se chránit před silným zahřátím a mrazem. Teplota ve skladu pod 0 °C může mít vliv na snížení účinnosti přísad, případné zamrznutí vede k jejich trvalému znehodnocení.

5.2. Materiály pro hydroizolační práce

Při nízkých venkovních teplotách se doporučuje před aplikací skladovat role s hydroizolačními pásy ve svislé poloze, ve vytápěných uzavřených skladech a to cca 24 hodin. Hydroizolační pásy by měly být během skladování chráněné proti povětrnostním vlivům a působení UV záření.

ANO!



Obr. 17: Skladování asfaltových pásů, zdroj: [30]

Pokud bude teplota materiálu při aplikaci pod $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, může dojít k poklesu jeho kvality.

5.3. Materiály pro omítací práce

Omítky, stejně jako maltové směsi, se mohou dovážet v pytlech nebo jako volně ložené ve speciálních silech. Podmínky pro skladování jsou stejné:

- Pytle s omítkou je doporučeno skladovat na suchém místě, na paletách až do výšky 1,5 m
- Omítky v silech je nutné chránit proti průniku vody do sila.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6. Porovnání časové a finanční náročnosti vybraných aspektů výstavby v extrémních klimatických podmínkách

V této části porovnám, jaký budou mít nepříznivé klimatické podmínky (nízká venkovní teplota) vliv na provedení vybraných prací konkrétní stavby, kdyby se prováděla ve městě Pec pod Sněžkou, kde se v zimním období objevují poměrně nízké teploty. Pro porovnání byly vybrány následující procesy:

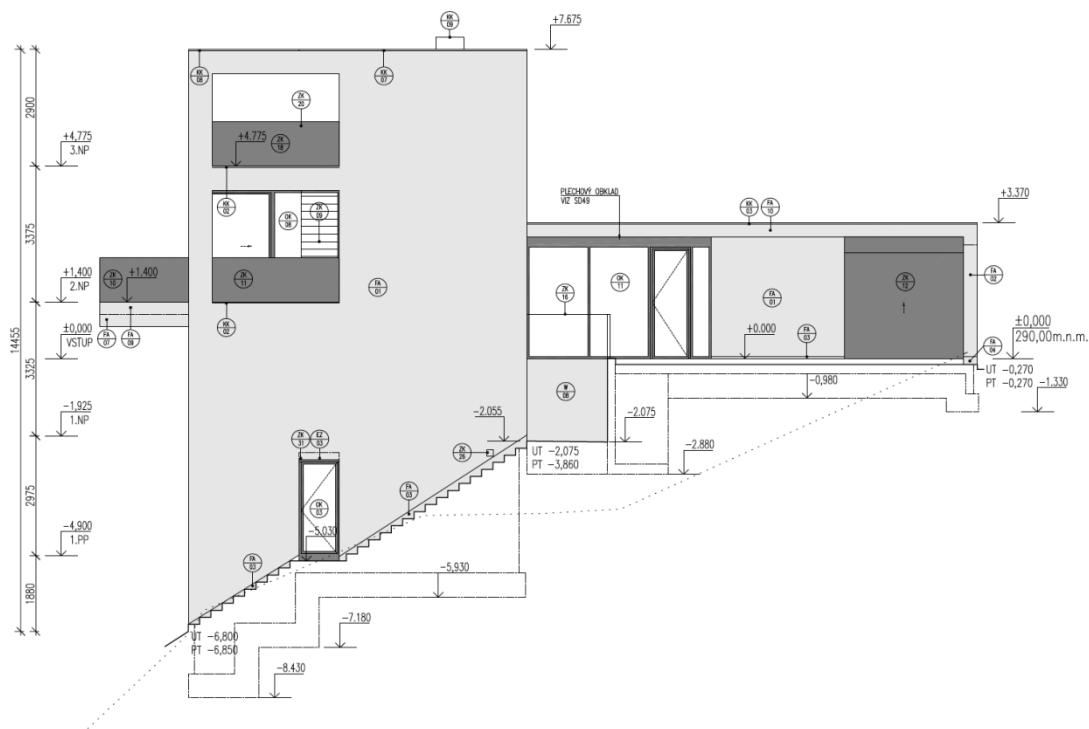
- Zdění nosných stěn;
- Aplikace vnitřních omítek;
- Střešní hydroizolace.

V praktické části spočítám náklady a vypracuji harmonogramy za normálních a extrémních podmínek, které vzájemně porovnám.

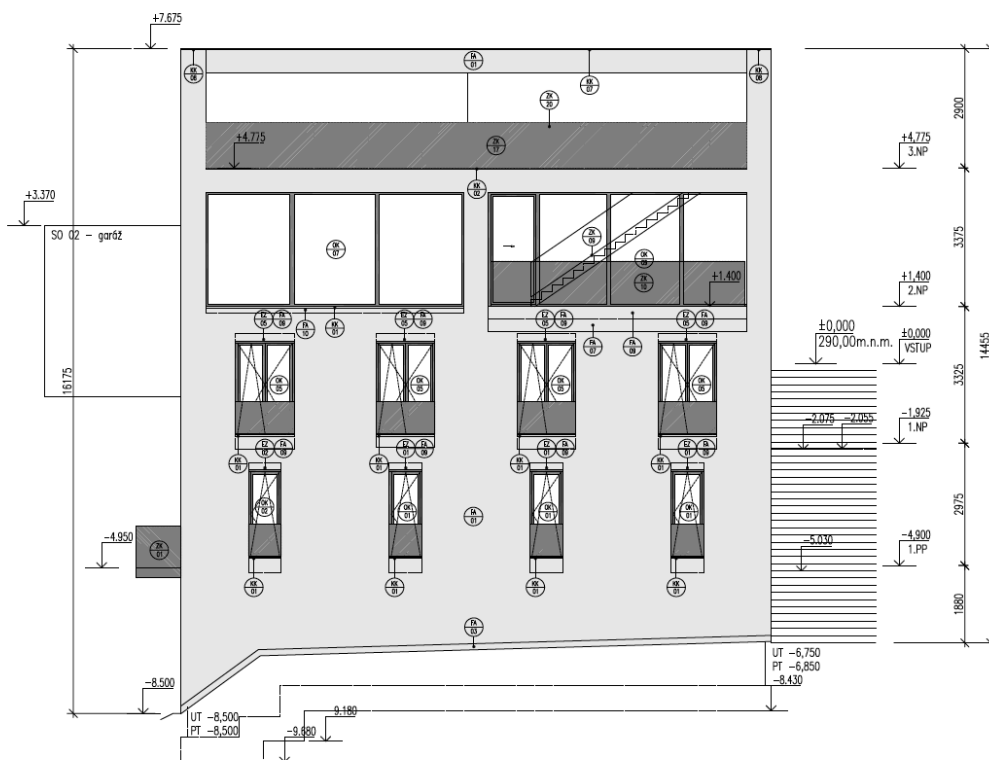
6.1. Popis stavby

Jedná se o třípodlažní rodinný dům, objemová koncepce domu je navržena tak, aby využívala svažitosti terénu. Z ulice se dům jeví hmotově jako dvoupodlažní. Základní půdorysný rozměr domu je 21,83 x 14,35 m. Dům má dvě terasy, garáž a sklad.

Střecha nad terasou je plochá jednoplášťová s klasickým pořadím vrstev, střešní plášť teras je navrženy s klasickým pořadím vrstev, horní líc tvoří dřevěný pochozí rošť. Střecha vstupní haly je jednoplášťová s obráceným pořadím vrstev, vrchní vrstvu tvoří extenzivní zeleň. Střecha nad garáží je jednoplášťová s klasickým pořadím vrstev.



Obr. 18: Východní pohled na objekt (vchod), zdroj projektová dokumentace



Obr. 19: Severní pohled na objekt, zdroj: projektová dokumentace

6.1.1. Výkopy a základy

Založení objektu je navrženo na základových pásech průřezu 600 x 600 mm, které jsou z železobetonu. Dům je založen na svažitém terénu, a proto musí základový pas kopírovat terén, aby v celé délce byla dodržena minimální nezámrazná hloubka 800 mm (tato hodnota byla převzata z projektové dokumentace, ale pro realizace projektu ve městě Pec pod Sněžkou nezámrazná hloubka má být hlubší, min. 1200 mm). Výškový rozdíl základových pasů bude dodržen vyrovnávací nadezdívkou z betonových dutinových cihel, které budou zalité betonem. Na připraveném podkladu se umístí základová deska tloušťky 250 mm z železobetonu.

6.1.2. Nosné svislé konstrukce

Svislé nosné konstrukce tvoří monolitické železobetonové stěny (jižní a západní obvodové stěny) a stěny z nosných keramických tvarovek Porotherm 30 P+D, pevnostní třída P15, na vápenocementovou maltu MVC5. Nad dveřními otvory budou zabudovány systémové překlady Porotherm PTH7 do maltového lože MVC5.

Vnitřní příčky je z keramických tvarovek Porotherm 11,5 P+D a Porotherm 19 AKU P+D.

Svislé nosné konstrukce garáže a skladu tvoří nosné keramické zdivo Porotherm 24 P+D, pevnostní třída P15, na vápenocementovou maltu MVC5.

6.1.3. Vodorovné konstrukce

Konstrukce stropu tvoří monolitická železobetonová deska, obousměrně pnutá. Po obvodě stropních desek se zhotoví ztužující věnec.

Nosnou část střešní konstrukce tvoří dutinové předpjaté panely, které budou zmonolitněny cementovou zálivkou ve spárách.

6.2. Podmínky pro výpočet časové a finanční náročnosti v extrémních klimatických podmínkách

6.2.1. Teplotní podmínky

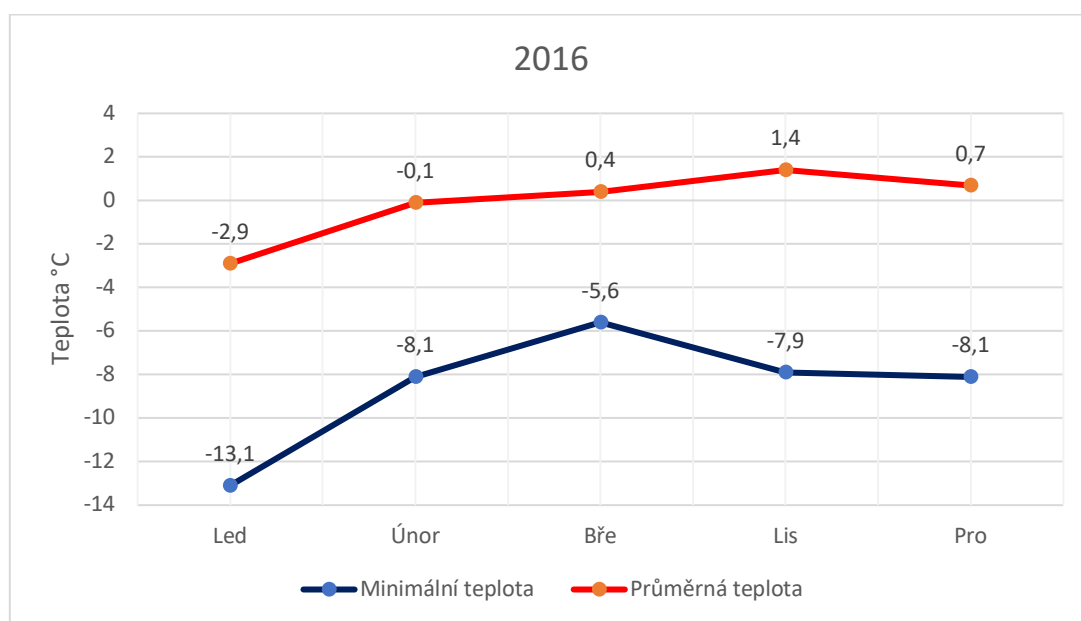
Za zimní období ve stavebnictví se považuje doba, kdy průměrná teplota trvale klesá pod $+5\text{ °C}$, tj. od 1. listopadu do 31. března.

Kvůli volbě vhodné výpočtové hodnoty pro teplotu venkovního prostředí vypočtu průměrnou teplotu v letech 2016–2019. Teplota platí pro město Pec pod Sněžkou (1161 m. n. m.) v měsících, které jsou považovány za zimní, a tj. leden, únor, březen, listopad a prosinec. [31]

Tab. 7: Teploty v roce 2016

2016	Minimální teplota	Průměrná teplota
Leden	-13,1 °C	-2,9 °C
Únor	-8,1 °C	-0,1 °C
Březen	-5,6 °C	0,4 °C
Listopad	-7,9 °C	1,4 °C
Prosinec	-8,1 °C	0,7 °C

Zdroj: vlastní zpracování

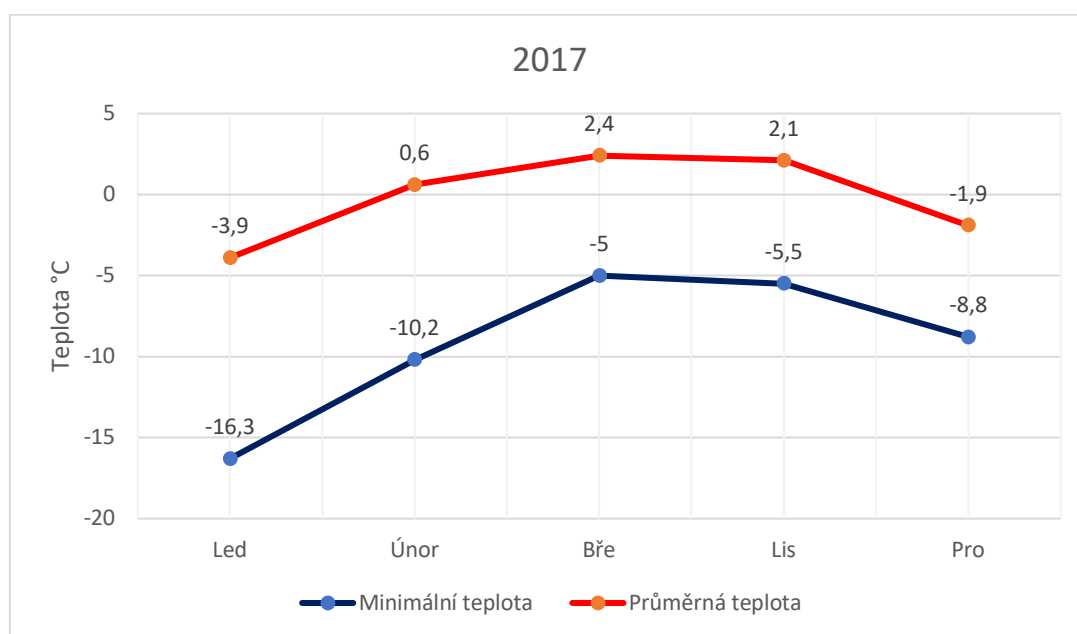


Obr. 20: Minimální a průměrná teplota v roce 2016, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 8: Teploty v roce 2017

2017	Minimální teplota	Průměrná teplota
Leden	-16,3 °C	-3,9 °C
Únor	-10,2 °C	-0,6 °C
Březen	-5 °C	2,4 °C
Listopad	-5,5 °C	2,1 °C
Prosinec	-8,8 °C	-1,9 °C

Zdroj: vlastní zpracování

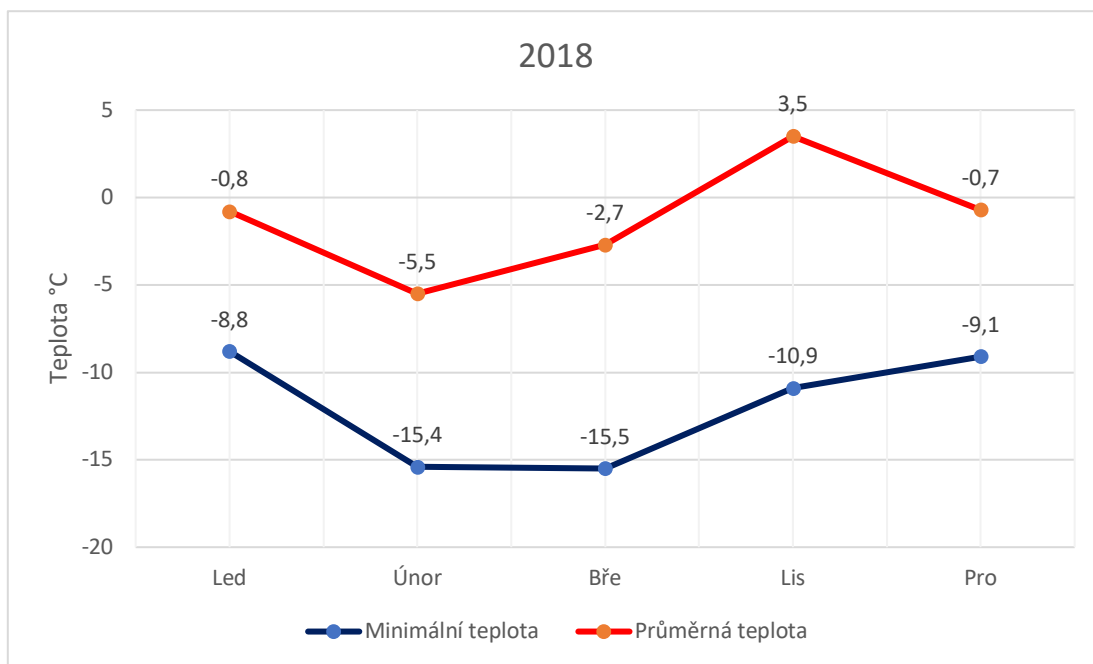


Obr. 21: Minimální a průměrná teplota v roce 2017, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 9: Teploty v roce 2018

2018	Minimální teplota	Průměrná teplota
Leden	-8,8 °C	-0,8 °C
Únor	-15,4 °C	-5,5 °C
Březen	-15,5 °C	-2,7 °C
Listopad	-10,9 °C	3,5 °C
Prosinec	-9,1 °C	-0,7 °C

Zdroj: vlastní zpracování

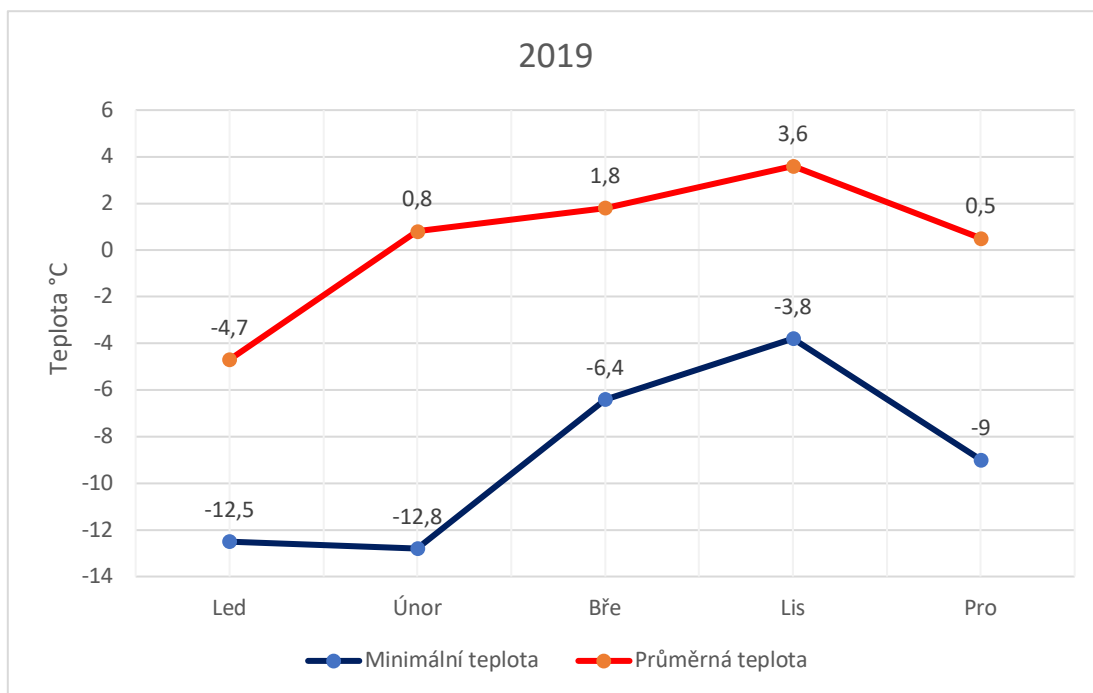


Obr. 22: Minimální a průměrná teplota v roce 2018, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 10: Teploty v roce 2019

2019	Minimální teplota	Průměrná teplota
Leden	-12,5 °C	-4,7 °C
Únor	-12,8 °C	0,8 °C
Březen	-6,4 °C	1,8 °C
Listopad	-3,8 °C	3,6 °C
Prosinec	-9 °C	0,5 °C

Zdroj: vlastní zpracování

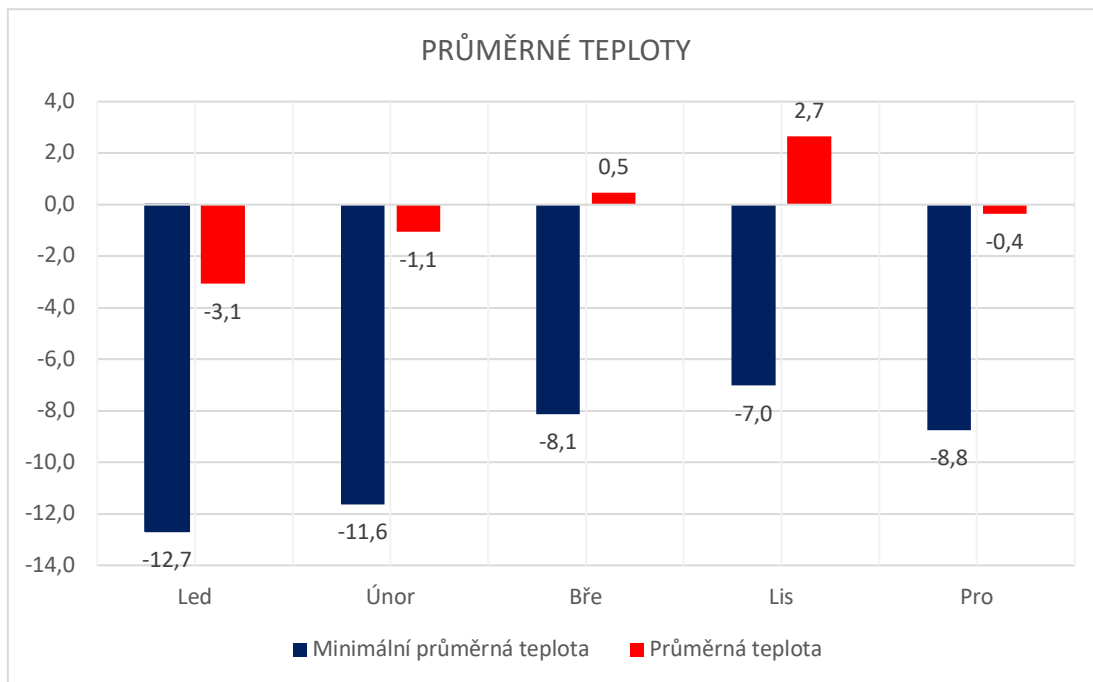


Obr. 23: Minimální a průměrná teplota v roce 2019, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 11: Průměrné teploty v roce 2016–2019

Měsíc	Minimální průměrná teplota	Průměrná teplota
Leden	-12,7 °C	-3,1 °C
Únor	-11,6 °C	-1,1 °C
Březen	-8,1 °C	0,5 °C
Listopad	-7,0 °C	2,7 °C
Prosinec	-8,8 °C	-0,4 °C

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 24: Průměrná teplota, zdroj: vlastní zpracování

Průměrná minimální teplota z těchto čtyř let je $-9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nejnižší teplota byla neměřena v lednu 2017, a to $-16,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, u 23 % naměřených hodnot je teplota nižší než $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pro zajištění kvalitních stavebních podmínek byla do výpočtů navržena teplota $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby provedení výstavby bylo dostatečně zabezpečené.

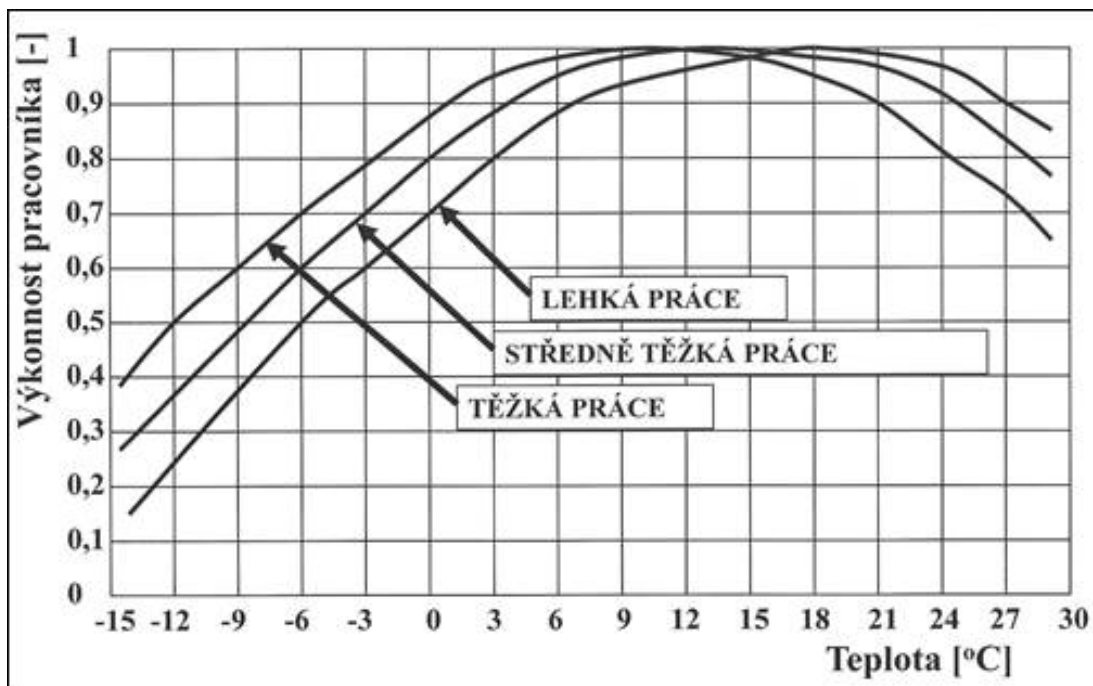
6.2.2. Výkonnost pracovníků za nízkých teplot

Extrémní hodnoty teplot pracovního prostředí mají negativní vliv na výkon pracovníka. Mikroklimatické podmínky působí na duševní činnost, koncentraci pozornosti, rychlost reakce, pohyblivost a koordinaci.

Rovněž bezpečnostní přestávky v ohřívárně taky mají vliv na snížení výkonnosti pracovníka. Minimální počet přestávek za osmihodinovou směnu je stanoven na dvě.

Důležitou částí výstavby za nízkých teplot je provedení práce na zimních opatřeních – pomocné konstrukce, úklid staveniště, obsluha strojů a jiné práce s tím související.

Snížení výkonnosti prodlouží dobu realizace, a tedy i zvyšuje přímé náklady na mzdy. Do výpočtu byla navržena výkonnost 70 %.



Obr. 25: Vliv teploty na výkonnost, zdroj: [32]

6.3. Zdění nosných stěn

Jako opatření při zdění za nízkých teplot na tomto objektu byly zvoleny dva způsoby: zamrazení zdiva a elektroohřev.

Kvůli tomu, že stropní konstrukce 1.PP až 2.NP tvoří vetknutá monolitická stropní deska 200–250 mm a po obvodě se zhotoví ztužující věnec o průřezu 300 x 450 (500) mm, je nutné zajistit dostatečnou pevnost zdiva, aby mohlo unést zatížení věnce a stropu. Nejvhodnější variantou v těchto podlažích bude elektroohřev, protože za několik dní můžeme dosáhnout pevnosti, která odpovídá 70 % požadované hodnoty.

Stropní konstrukce 3.NP tvoří železobetonová deska prefabrikovaná 320 mm, po obvodě se zhotoví věnec o průřezu min 50 x 320 mm. V tomto podlaží se dá použít způsob zamrazení, k přenášení zatížení od stropní konstrukce se použijí stojky.

6.3.1. Časová náročnost zdění nosných stěn za extrémních klimatických podmínek

Při zdění stěn za nízkých teplot je nutné používat teplou vodu (+80 °C) pro přípravu malty a maltu vyšší pevnosti, v daném případě M10.

Ohřátí vody bude probíhat v elektrickém ohříváči o objemu 125 litrů, příkon 2,2 kW. Ohřev 1 m³ vody do teploty +80 °C bude trvat 31,9 hodin, tuto hodnotu použijí jako normu času pro výpočet doby trvání přípravy záměsové vody. [34]

Obr. 26: Výpočet doby ohřevu vody, zdroj: [34]

Spotřeba zdicí malty je 2,1 l/m² při tloušťce zdiva 300 mm a 1,7 l/m² při tloušťce zdiva 240 mm. Spotřeba suché maltové směsi je 1,79 kg/l, množství vody je 0,148 l/kg.

$$2,1 * 1,79 * 0,148 = 0,56 \text{ l/m}^2$$

$$1,7 * 1,79 * 0,148 = 0,45 \text{ l/m}^2$$

Množství vody na 1 m² zdiva je 0,56 litrů u zdiva tloušťky 300 mm a 0,45 litrů u zdiva tloušťky 240 mm.

Zdivo pro elektroohřev musí být armováno ocelovými dráty o průměru 6 mm, dráty se vkládají rovnoběžně se styčnou příčnou spárou s přesahem cca 50 mm pro následující připojování k vodičům. Množství drátů je 20 ks/m², délka jednoho drátu 300–350 mm v závislosti na tloušťce zdi. Hmotnost 1 m ocelového drátu je 0,22 kg/m.

$$20 * 0,3 * 0,22 = 1,32 \text{ kg/m}^2$$

$$20 * 0,35 * 0,22 = 1,54 \text{ kg/m}^2$$

Spotřeba oceli je 1,32–1,54 kg/m².

Množství vodičů na 1 m délky zdi je 4 ks.

Tab. 12: Rozbor elektroohřevu zdiva 1.PP

	Činnost	M.j.	Množství	Norma času	Počet lidí	Doba práce [hod]
1	Příprava a vyčištění pracoviště	m ²	114,227	0,080	4	3,3
2	Vytyčení zdi	m ²	9,405	0,020	1	0,3
3	Příprava teplé vody	m ³	0,046	31,900	1	1,5
4	Příprava malty	m ³	0,174	1,700	1	0,4
5	Zdění nosných stěn Porotherm 30 P+D 1. výška	m ²	41,455	3,990	5	47,3
6	Montáž pomocného lešení	m ²	15,675	0,280	5	1,3
7	Zdění nosných stěn Porotherm 30 P+D 2. výška	m ²	41,455	3,990	5	47,3
8	Vložení ocelových drátu 6 mm	t	0,128	11,000	1	2,0
9	Osazení překladů Porotherm	ks	1,000	0,770	2	0,6
10	Demontáž pomocného lešení	m ²	15,675	0,280	5	1,3
11	Doprava rozvaděčů	ks	1,000	2,000	2	1,0
12	Vytyčení ochranného pásma	m ²	16,225	0,020	1	0,5
13	Řezání vodičů	ks	130	0,008	2	0,7
14	Instalace vodičů	ks	130	0,038	2	3,5
15	Elektroohřev zdiva	hod	70,000	1,000	1	70,0
16	Odstranění vodičů	ks	130	0,038	2	3,5

Zdroj: vlastní zpracování

ID	Režim úkolu	Název	Doba trvání	Zahájení	Dokončení	Předchůdci	Následníci	02.XI.20	09.XI.20
1		1.PP	146 hodin	02.11.20	14.11.20			S	
2		Příprava a vyčištění pracoviště	3 hodin	02.11.20	02.11.20	3		P	
3		Vytyčení zdi	1 hodina	02.11.20	02.11.20	2	4SS	S	P
4		Příprava teplé vody	2 hodiny	02.11.20	02.11.20	3SS	5		N
5		Příprava malty	1 hodina	02.11.20	02.11.20	4	6		Ú
6		Zdění nosných stěn Porotherm 30 P+D 1. výška	47 hodin	02.11.20	06.11.20	5	7		Č
7		Montáž pomocného lešení	1 hodina	06.11.20	06.11.20	6	8		S
8		Zdění nosných stěn Porotherm 30 P+D 2. výška	47 hodin	06.11.20	10.11.20	7	9		
9		Vložení ocelových drátů 6m	2 hodiny	10.11.20	10.11.20	8	10SS		
10		Osazení překladů Porotherm	1 hodina	10.11.20	10.11.20	9SS	11		
11		Demontáž pomocného lešení	1 hodina	10.11.20	10.11.20	10	12SS;14		
12		Doprava rozvaděčů	1 hodina	10.11.20	10.11.20	11SS	13		
13		Vytyčení ochranného pásma	1 hodina	10.11.20	10.11.20	12	16		
14		Řezání vodičů	1 hodina	10.11.20	10.11.20	11	15		
15		Instalace vodičů	4 hodiny	10.11.20	11.11.20	14	16		
16		Elektroohřev zdiva	70 hodin	11.11.20	14.11.20	13;15	17		
17		Odstranění vodičů	4 hodiny	14.11.20	14.11.20	16	19		

Obr. 27: Harmonogram zdění nosných stěn 1.PP, zdroj: vlastní zpracování

Jak můžeme vidět, přípravy před zděním trvají několik hodin. Příprava pracoviště a záměsová voda trvá celkem pět hodin, během zdění je nutno vkládat ocelové dráty do spár, což prodlouží práci o další dvě hodiny. Po zdění následoval elektroohřev dlouhý 70 hodin, před tím ještě sedm hodin přípravných prací a potom další čtyři hodiny na odstranění vodičů. V součtu zdění nosných stěn s tímto opatřením zabere 146 hodin.

6.3.2. Finanční náročnost zdění nosných stěn za extrémních klimatických podmínek

Zdění nosných stěn za nízkých teplot probíhá kvůli nepříznivým podmínkám o něco pomaleji než za normálních teplot, protože zedníci pracují v nevytápěném prostoru. Proto i ceny zednických prací budou vyšší.

V zimním období se zvyšuje spotřeba elektřiny, průměrná spotřeba elektřiny na elektroohřev je 100 kWh/m³. Celkové množství nosného zdiva pro ohřev je 96,12 m³. Průměrná cena 1 kWh energie je 3,79 Kč.

$$100 * 96,12 * 3,79 = 36\,429,48 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na energii pro elektroohřev jsou 36 429,48 Kč.

Podrobná kalkulace zdění nosných stěn je v Příloze 10 a Příloze 11.

Tab. 13: Rekapitulace kalkulace zdění nosných stěn za extrémních podmínek

Popis	Cena
Zdivo nosné POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 15 na MVC	416 980,92
Zdivo nosné POROTHERM tl 240 mm pevnosti P 15 na MVC	158 067,20
Výztuž nosných zdí betonářskou ocelí 11 373	13 281,80
Montáž rozvaděče stojanového	90 761,98
Montáž měděných vodičů	33 845,50
Překlady keramický vysoký v 23,8 cm dl 125 cm	654,10
Montáž lešení lehkého kozového dílcového v do 1,2 m	20 459,50
Demontáž lešení lehkého kozového dílcového v do 1,2 m	923,35
Celkem	734 974,37

Zdroj: vlastní zpracování

Celková cena opatření v zimním období bude 137 889,28 Kč bez DPH.

6.3.3. Porovnání časové a finanční náročnosti

Časová náročnost

Doba trvání zdění nosných stěn za normálních podmínek je 381 hodin, a to je cca 31 dnů. Doba trvání zdění nosných stěn za extrémních podmínek je 700 hodin, a to je 58 dnů.

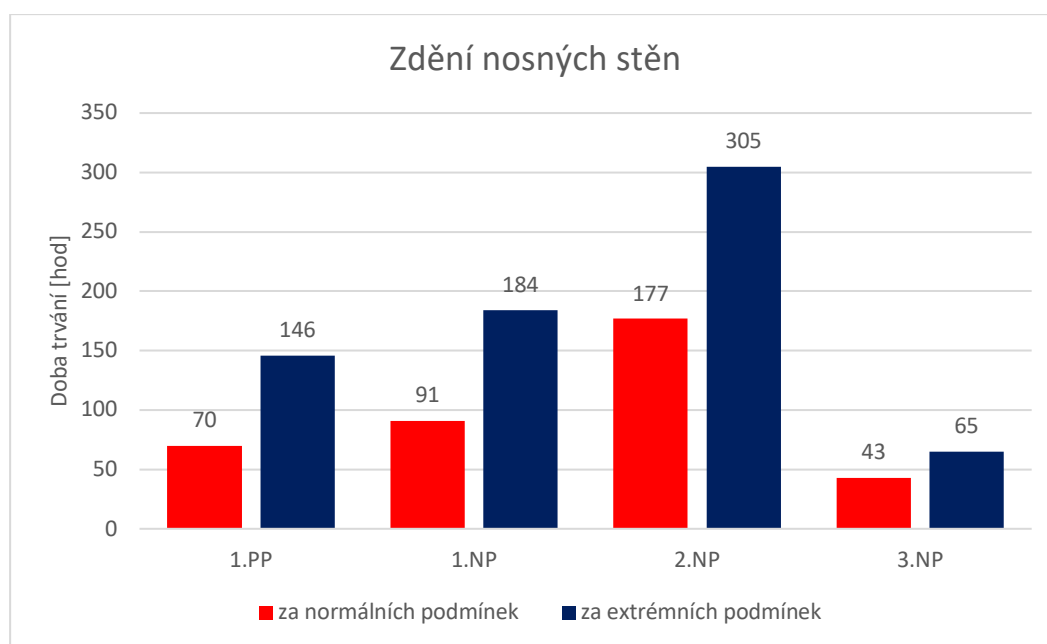
V tomto případě časová náročnost provedení prací v hodinách se zvýšila přibližně o 84 %. Způsob elektroohřevu zdiva se zvyšuje časovou náročnost přibližně o 94 %, zamrazením zdiva se zvyšuje náročnost o 50 %.

Při porovnání obou způsobů opatření je nejnáročnější z hlediska času způsob elektroohřevu, který zvyšuje dobu trvání prací cca dvakrát.

Tab. 14: Srovnání časové náročnosti zdění nosných stěn

Patro	Doba trvání práce [dny]		Zvětšení
	Za normálních podmínek	Za extrémních podmínek	
1.PP	5	12	140 %
1.NP	7	15	114 %
2.NP	15	26	73 %
3.NP	3	5	67 %
Průměr			99 %

Zdroj: vlastní zpracování



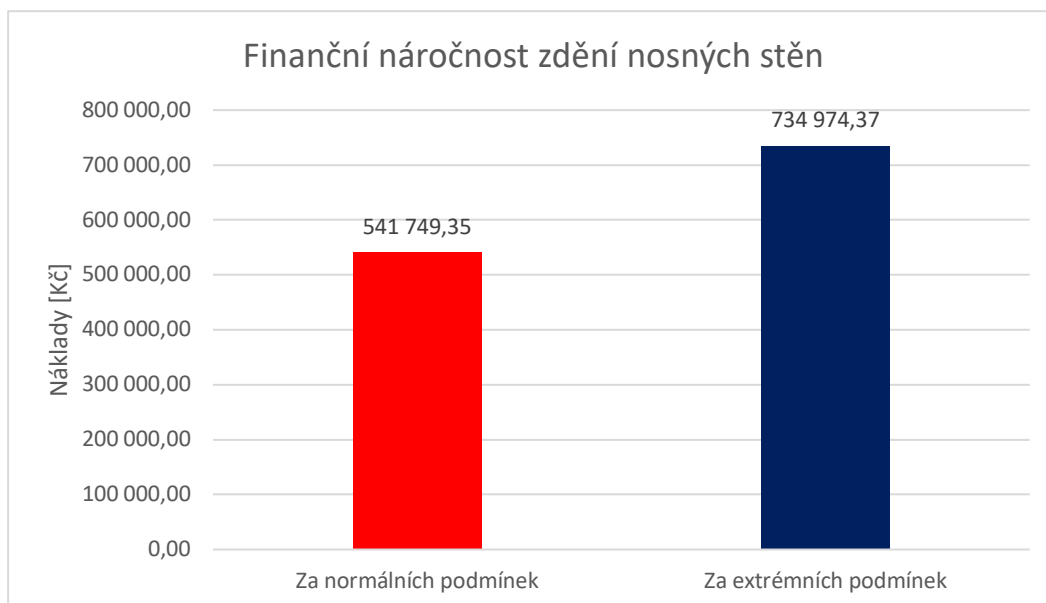
Obr. 28: Doba trvání zdění nosných stěn, zdroj: vlastní zpracování

Finanční náročnost

Náklady na zdění nosných stěn v zimním období se navýšily o 193 225,02 Kč bez DPH. Cena u těchto prací narostla o 36 %.

Z tohoto rozdílu 137 889,28 Kč jsou náklady na provedení elektroohřevu, ostatní jsou náklady na přípravu teplé vody pro způsob zamrazení a náklady na mzdy kvůli zvýšení náročnosti práce.

V daném případě můžeme říct, že největší náklady na zdění v extrémních podmínkách jsou spojeny s elektroohřevem.



Obr. 29: Srovnání finanční náročnosti zdění nosných stěn, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 15: Srovnání nákladů na zdění nosných stěn

Popis	Cena zdění za normálních podmínek	Cena zdění za extrémních podmínek
Zdivo nosné POROTHERM tl 300 mm pevnosti P 15 na MVC	378 321,39	416 980,92
Zdivo nosné POROTHERM tl 240 mm pevnosti P 15 na MVC	142 600,65	158 067,20
Překlad keramický vysoký v 23,8 cm dl 125 cm	539,71	654,10
Montáž lešení lehkého kozového dílcového v do 1,2 m	19 640,62	20 459,50
Demontáž lešení lehkého kozového dílcového v do 1,2 m	646,98	923,35
Výztuž nosných zdí betonářskou ocelí 11 373		13 281,80
Montáž rozvaděče stojanového		90 761,98
Montáž měděných vodičů		33 845,50
Celkem	541 749,35	734 974,37

Zdroj: vlastní zpracování

6.4. Aplikace vnitřních omítek

K zajištění vhodných podmínek pro aplikace vnitřních omítek se použijí elektrická topidla, která vyhřívají pracovní prostor. Výběr elektrického topidla je zdůvodněn tím, že v uzavřeném prostoru topidlo nesmí znečišťovat ovzduší látkami, které vznikají při spalování paliv. Teplota vnitřního vzduchu pro provedení práce musí být minimálně 10 °C. Počáteční teplota interiéru bude považována stejná jako teplota venkovní, tj. -10 °C.

6.4.1. Časová náročnost omítání vnitřních povrchů za extrémních klimatických podmínek

Uvnitř objektu chceme udržovat teplotu 10 °C, která je vhodná pro kvalitní provedení omítacích prací. Pro správný návrh otopného tělesa se musely spočítat tepelné ztráty na každý pracovní úsek. Ztráty v obytné části domu jsou v každém patře stejné – pro garáž, sklad, šatnu a WC vedle šatny v úrovni 2.NP jsou počítané zvlášť. [35]

Tab. 16: Tepelné ztráty pracovních prostorů

Pracovní prostor	Tepelná ztráta [W]
Obytná část	5 406
Garáž	3 485
Sklad	2 820
Šatna	576
WC	709

Zdroj: vlastní zpracování

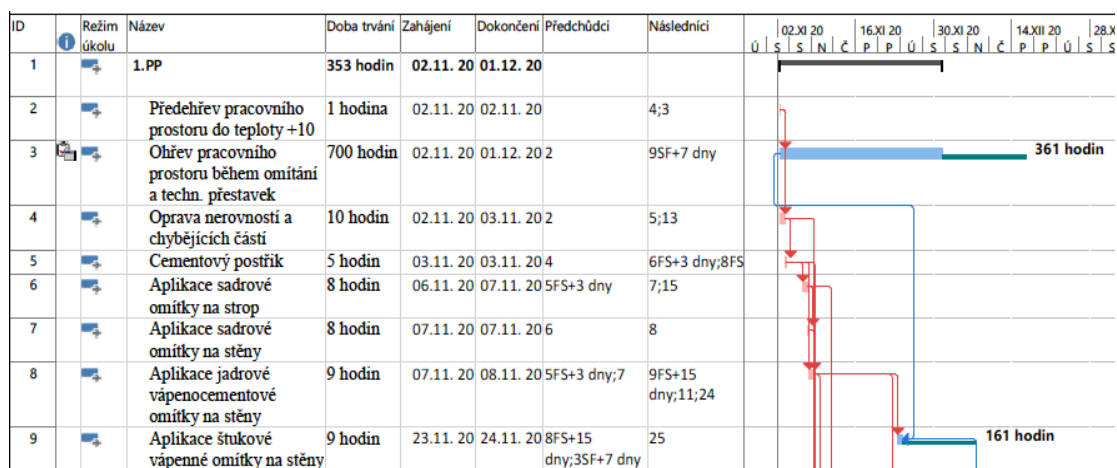
Konstrukcí bude pronikat maximálně 5 406 W tepla, proto je nutné k zajištění vnitřní teploty 10 °C dodat přívod minimálně stejného množství tepla. K tomuto účelu v obytných místnosti budou sloužit elektrická topidla o výkonu do 9 kW, v garáži a skladu o výkonu do 5 kW. V šatně a WC budou potřebnou teplotu pracovního prostoru udržovat infrazářiče o výkonu 1,2 kW.

Před zahájením práce je nutno předehřát prostor do požadované teploty. Doba trvání předehřevu bude uvedena v harmonogramu. Ohřívání prostoru bude probíhat po celou dobu provádění prací, a to včetně technologických přestávek.

Tab. 17: Rozbor aplikace omítek 1.PP

	Název	M.j.	Množství	Norma času	Počet lidí	Doba práce [hod]
1	Přehřev pracovního prostoru do teploty +10	hod	0,919	1,000	1	0,9
2	Ohřev pracovního prostoru během omítání a techn. přestávek	hod	700,000	1,000	1	700,0
3	Oprava nerovností a chybějících částí	m ²	198,361	0,200	4	9,9
4	Cementový postřík	m ²	198,361	0,100	4	5,0
5	Aplikace sádrové omítky na strop	m ²	75,250	0,420	4	7,9
6	Aplikace sádrové omítky na stěny	m ²	71,955	0,440	4	7,9
7	Aplikace jádrové vápenocementové omítky na stěny	m ²	123,111	0,300	4	9,2
8	Aplikace štukové vápenné omítky na stěny	m ²	123,111	0,280	4	8,6

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 30: Harmonogram omítání vnitřních povrchů 1.PP, zdroj: vlastní zpracování

Z harmonogramu můžeme vidět, že přípravné práce pro aplikace omítek trvají asi hodinu. Během ní bude dosažena požadovaná teplota pracovního prostoru pro kvalitní provedení práce. Po nanášení poslední vrstvy omítky je nutné prodloužit ohřívání prostoru po dobu jejího schnutí. V součtu zabere aplikace vnitřních omítek s tímto opatřením 353 hodin.

6.4.2. Finanční náročnost omítání vnitřních povrchů za extrémních klimatických podmínek

Nízká venkovní teplota během zimního období nemá vliv na výkonnost pracovníků při aplikaci vnitřních omítek, protože omítkáři pracují ve vytápěném prostoru, a proto ceny omítkářských prací zůstanou stejné.

V zimním období se zvyšuje spotřeba elektřiny na ohřev prostoru. Celková doba ohřevu se v každém pracovním úseku liší.

Tab. 18: Výpočet spotřeby energie na ohřev pracovního prostoru

Úsek	Celková doba ohřevu [hod]	Výkon topidla [kW]	Celková spotřeba energie [kW]
1.PP	701	6	4206
1.NP	339	6	2034
2.NP	697	6	4182
Garáž	626	4	2504
Sklad	620	4	2480
Šatna	606	1,2	727
WC	721	1,2	865
Celkem			16998

Zdroj: vlastní zpracování

Celkové množství energie pro ohřev je 16 998 kWh. Průměrná cena 1 kWh energie je 3,79 Kč.

$$16\,998 * 3,79 = 64\,422,42 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na energie pro ohřev je 64 422,42 Kč.

Podrobná kalkulace zdění nosných stěn je v Příloze 12 a Příloze 13.

Tab. 19: Rekapitulace kalkulace aplikace vnitřních omítek za extrémních podmínek

Popis	Cena
Ubroušení výstupků betonu vnitřních neomítaných stropů po odbednění	4 236,19
Cementový postřík vnitřních stropů nanášený celoplošně strojně	10 554,78
Cementový postřík vnitřních stropů nanášený celoplošně strojně	14 098,43
Sádrová nebo vápenosádrová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stropů nanášená strojně	35 941,40
Sádrová nebo vápenosádrová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená strojně	50 166,07
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená strojně	172 405,71
Příplatek k vápenocementové omítce vnitřních stěn za každých dalších 5mm tloušťky strojně	12 647,92
Celkem	300 050,50

Zdroj: vlastní zpracování

6.4.3. Porovnání časové a finanční náročnosti

Časová náročnost

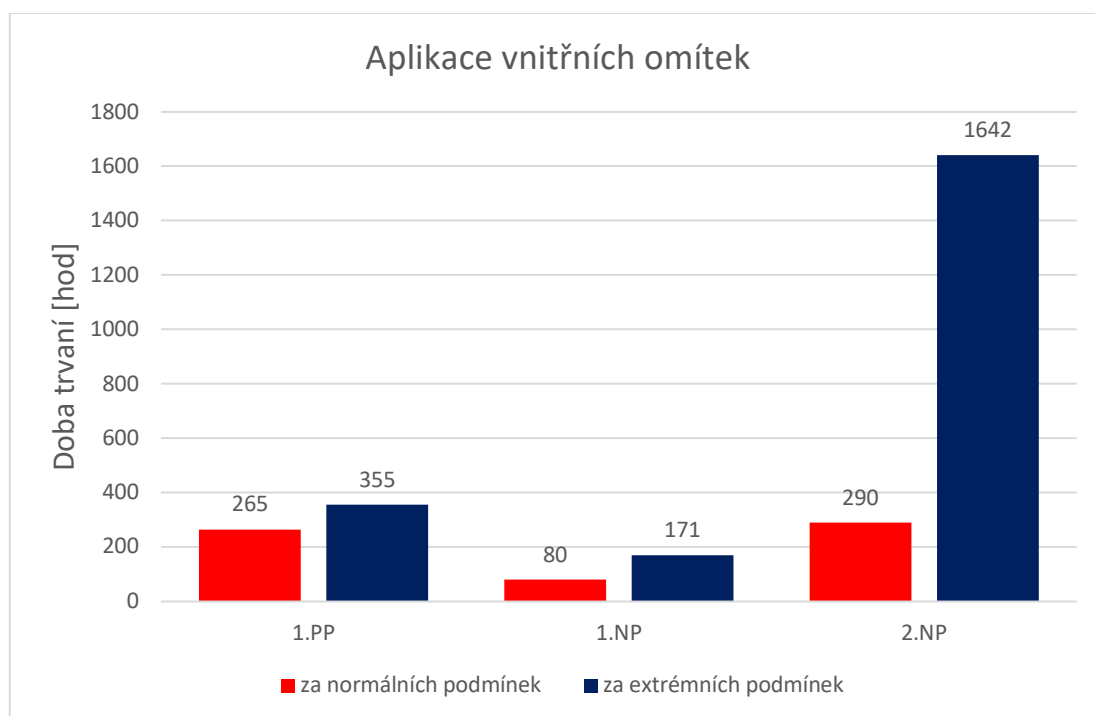
Doba trvání omítacích prací za normálních podmínek je 635 hodin, a to je cca 25 dnů. Doba trvání omítacích prací za extrémních podmínek je 2 168 hodin, a to je 69 dnů.

V tomto případě časová náročnost provedení prací v hodinách se zvýšila přibližně o 205 %. Největší náročnost bude v úrovni 2.NP, protože každá místnost musí být vytápěna zvlášť. U každého pracovního úseku se celková doba práce v zimním období prodlouží přibližně o 7 dnů.

Tab. 20: Srovnání časové náročnosti aplikace vnitřních omítek

Patro	Doba trvání práce [dny]		Zvětšení
	za normálních podmínek	za extrémních podmínek	
1.PP	22	29	32 %
1.NP	6	14	133 %
2.NP	24	56	133 %
Průměr			99 %

Zdroj: vlastní zpracování

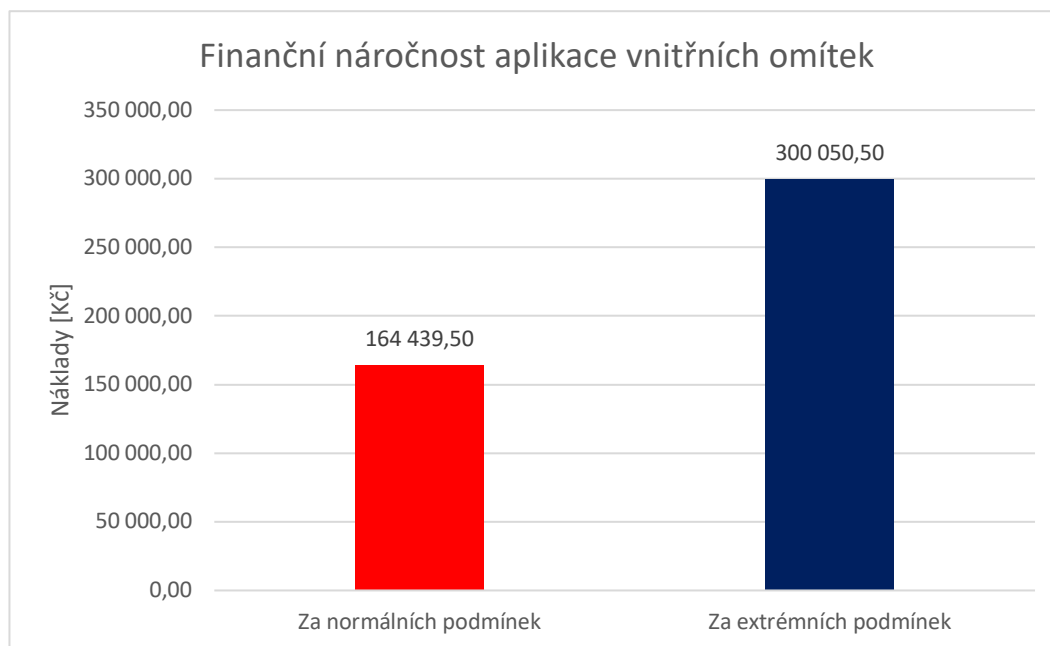


Obr. 31: Doba trvání aplikace vnitřních omítek, zdroj: vlastní zpracování

Finanční náročnost

Náklady na aplikace vnitřních omítek v zimním období se navýšily o 135 611 Kč bez DPH. Cena u těchto prací narostla o 82 %.

Nárůst ceny práce v zimním období bude kvůli nucenému vytápění pracovního prostoru, tj. náklady na topidla a energie.



Obr. 32: Srovnání finanční náročnosti aplikace vnitřních omítek, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 21: Srovnání nákladů na aplikace vnitřních omítek

Popis	Cena provedení prací za normálních podmínek	Cena provedení prací za extrémních podmínek
Ubroušení výstupků betonu vnitřních neomítaných stropů po odbednění	4 236,19	4 236,19
Cementový postřík vnitřních stropů nanášený celoplošně strojně	10 554,78	10 554,78
Cementový postřík vnitřních stropů nanášený celoplošně strojně	14 098,43	14 098,43
Sádrová nebo vápenosádrová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stropů nanášená strojně	35 941,40	35 941,40
Sádrová nebo vápenosádrová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená strojně	50 166,07	50 166,07
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená strojně	36 794,71	172 405,71

Příplatek k vápenocementové omítce vnitřních stěn za každých dalších 5mm tloušťky strojně	12 647,92	12 647,92
Celkem	164 439,50	300 050,50

Zdroj: vlastní zpracování

6.5. Střešní hydroizolace

Ve vybraném objektu je hlavní vrstva hydroizolace navržena z PVC fólie. Z hlediska technologie není povoleno provádět horkovzdušné svařování fólii při teplotě menší než 5 °C. Při teplotách pod 0 °C je nutné dbát zvýšené opatrnosti při pohybu po povrchu hydroizolace, povrch může být kluzký.

K zajištění vhodných podmínek pro správné a bezpečné provedení střešní hydroizolace se použije mobilní zastřešení, které bude zakryté plachtou s tepelně izolačními vlastnostmi. Po montáži zastřešení je nutné zajistit požadovanou teplotu prostředí, tj. 10 °C.

6.5.1. Časová náročnost střešní hydroizolace za extrémních klimatických podmínek

Hlavním opatřením pro provedení prací bude montáž stanu. Stan se skládá z prvků pro mobilní zastřešení a plachty. Mobilní zastřešení je systémové a lehké, a proto je jeho montáž skoro stejná jako montáž fasádního lešení.

Kvůli tomu, že montáž a demontáž stanu bude probíhat při extrémních teplotních podmínkách, časová náročnost těchto prací bude vyšší než za normálních podmínek.

Uvnitř stanu chceme udržovat teplotu 10 °C, která je vhodná pro kvalitní provedení hydroizolace. Pro správný návrh topidla se počítaly tepelné ztráty. [35]

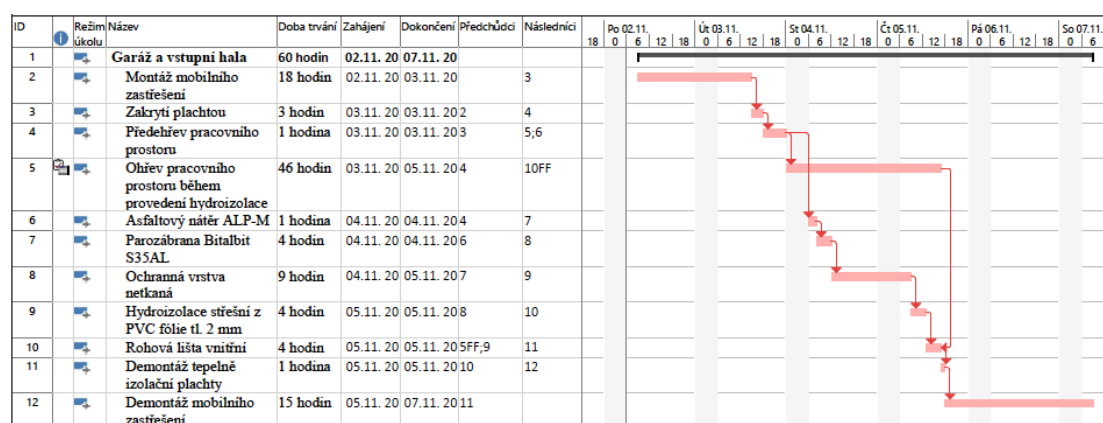
Konstrukcí bude pronikat 25 408 W tepla, proto je nutné k zajištění vnitřní teploty 10 °C dodat přívod minimálně stejného množství tepla. K tomuto účelu bude sloužit plynové topidlo o výkonu 33 kW.

Před zahájením práce je nutno předeřhřát prostor do požadované teploty. Doba trvání předeřhřevu bude uvedena v harmonogramu. Ohřívání prostoru bude probíhat po celou dobu provádění prací.

Tab. 22: Rozbor střešní hydroizolace

	Název	M.j.	Množství	Norma času	Počet lidí	Doba práce [hod]
1	Montáž mobilního zastřešení	m ²	166,400	0,300	4	17,85
2	Montáž tepelně izolační plachty	m ²	166,400	0,056	4	3,33
3	Předehřev pracovního prostoru	hod	0,910	1,000	1	0,91
4	Ohřev pracovního prostoru během provedení hydroizolace	hod	46,000	1,000	1	46,0
5	Asfaltový nátěr ALP-M	m ²	84,390	0,029	4	0,61
6	Parozábrana Bitalbit S35AL	m ²	84,390	0,179	4	3,78
7	Ochranná vrstva netkaná polypropylenová textilie	m ²	84,390	0,420	4	8,86
8	Hydroizolace střešní z PVC fólie tl. 2 mm	m ²	84,390	0,200	4	4,22
9	Rohová lišta vnitřní	bm	78,300	0,190	4	3,72
11	Demontáž tepelně izolační plachty	m ²	166,400	0,020	4	1,19
10	Demontáž mobilního zastřešení	m ²	166,400	0,250	4	14,87

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 33: Harmonogram střešní hydroizolace, zdroj: vlastní zpracování

Jak můžeme vidět, přípravy před samotnou hydroizolací trvaly několik hodin. Montáž zastřešení, zakrytí plachtou a předeřev prostoru potřebovalo 22 hodin. Po provedení hydroizolačních prací následuje odstranění plachty a demontáž mobilního zastřešení, které trvají 16 hodin. V součtu střešní hydroizolace s tímto opatřením zabere 60 hodin.

6.5.2. Finanční náročnost střešní hydroizolace za extrémních klimatických podmínek

Nízká venkovní teplota během zimního období nemá vliv na výkonnost pracovníků při provedení hydroizolace, protože práce probíhají ve vytápěném stanu, a proto ceny hydroizolačních prací nebudou navýšeny. Venkovní teplota má vliv na montáž a demontáž stanu, a proto se u těchto prací bude zvýšit náročnost a ceny montážních prací.

Stan musí být vytápěn po celou dobu provedení hydroizolace, tj. 47 hodin. Výkon topidla je 28 kW. Spotřeba plynu je 2,4 kg/hod. Celkové množství plynu pro vytápění stanu je 113 kg. Průměrná cena 1 kg zemního plynu je 26 Kč.

$$113 * 26 = 2\,938 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na energie pro ohřev jsou 2 938 Kč.

Tab. 23: Rekapitulace kalkulace střešní hydroizolace za extrémních podmínek

Popis	Cena
Provedení povlakové krytiny střech do 10° za studena lakem penetračním nebo asfaltovým	1 403,42
Provedení povlakové krytiny střech do 10° pásy NAIP přitavením v plné ploše	14 762,67
Provedení povlakové krytiny střech do 10° ochranné textilní vrstvy	4 821,38
Provedení povlakové krytiny střech do 10° spoj 2 pásů fólií PVC horkovzdušným svařovacím automatem	42 020,78
Provedení povlakové krytiny střech do 10° fóliové plechy VIPRANYL	4 267,32
Montáž lešení řadového modulového lehkého zatížení do 200 kg/m ²	20 970,00

Montáž ochranné plachty z textilie z umělých vláken	11 720,00
Demontáž ochranné plachty z textilie z umělých vláken	2 419,00
Demontáž lešení řadového modulového lehkého zatížení do 200 kg/m ²	5 826,00
Celkem	108 210,57

Zdroj: vlastní zpracování

Celková cena opatření v zimním období bude 43 873 Kč bez DPH.

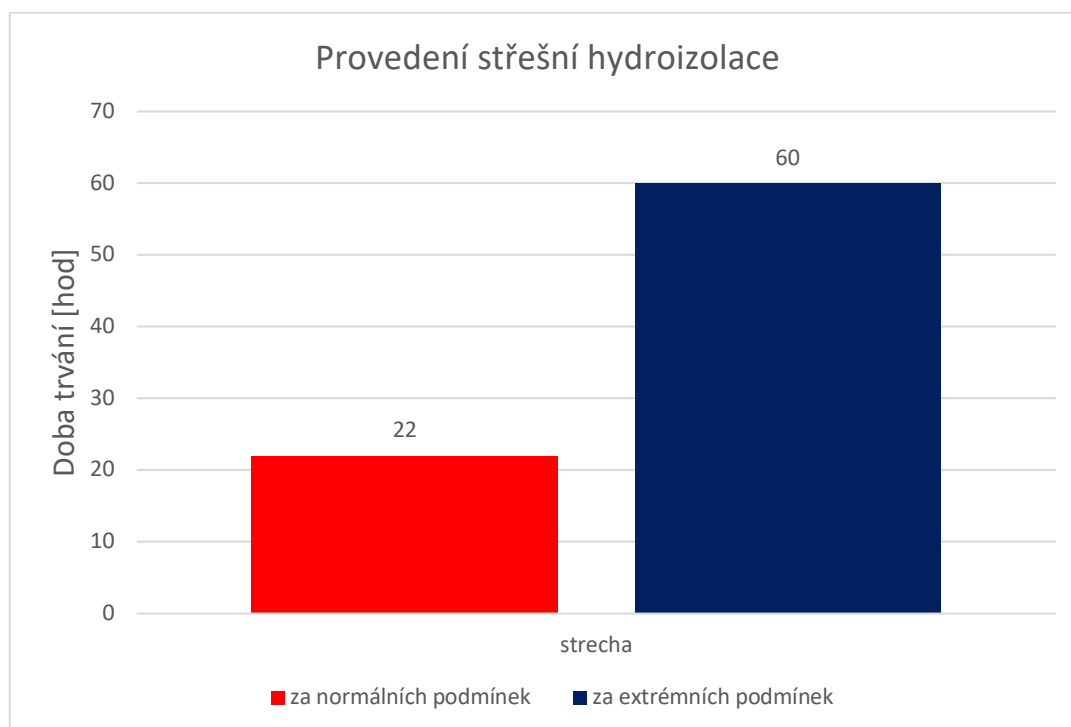
Podrobná kalkulace zdění nosných stěn je v Příloze 14 a Příloze 15.

6.5.3. Porovnání časové a finanční náročnosti

Časová náročnost

Doba trvání hydroizolace za normálních podmínek je 22 hodin, a to jsou 2 dny. Doba trvání omítacích prací za extrémních podmínek je 60 hodin, a to je 6 dnů.

V tomto případě časová náročnost provedení prací v hodinách se zvýšila přibližně o 173 %.

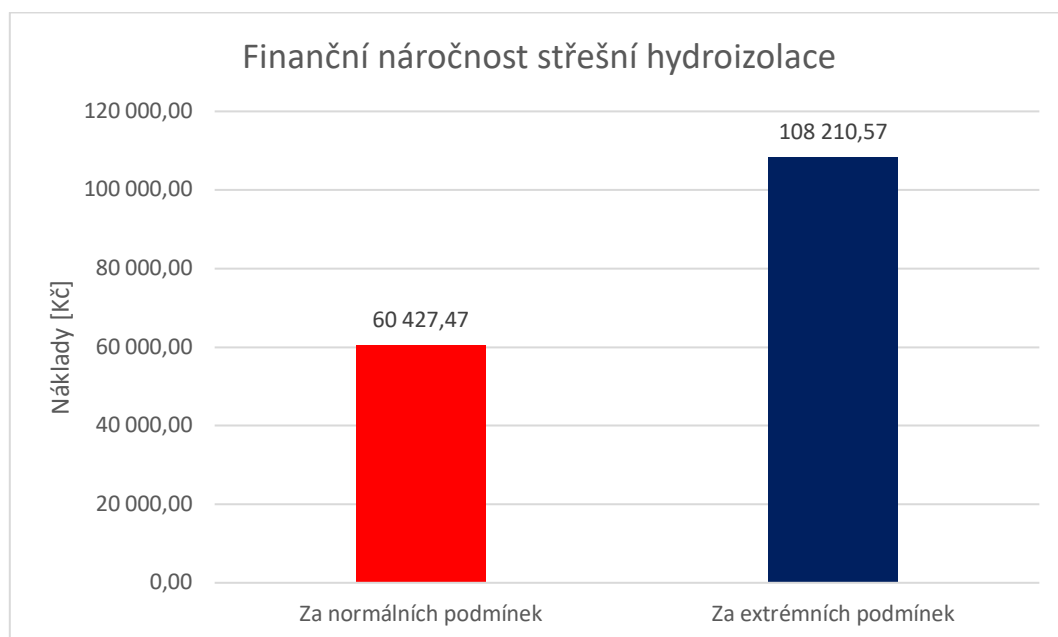


Obr. 34: Doba trvání provedení střešní hydroizolace, zdroj: vlastní zpracování

Finanční náročnost

Náklady provedení střešní hydroizolaci v zimním období se navýšily o 47 783,10 Kč bez DPH. Cena u těchto prací narostla o 79 %.

Z tohoto rozdílu 40 935 Kč jsou náklady na montáž a demontáž stanu, ostatní jsou náklady na vytápění.



Obr. 35: Srovnání finanční náročnosti provedení střešní hydroizolace, zdroj: vlastní zpracování

Tab. 24: Srovnání nákladů na střešní hydroizolace

Popis	Cena provedení prací za normálních podmínek	Cena provedení prací za extrémních podmínek
Provedení povlakové krytiny střech do 10° za studena lakem penetračním nebo asfaltovým	1 403,42	1 403,42
Provedení povlakové krytiny střech do 10° pásy NAIP přitavením v plné ploše	14 762,67	14 762,67
Provedení povlakové krytiny střech do 10° ochranné textilní vrstvy	4 821,38	4 821,38
Provedení povlakové krytiny střech do 10° spoj 2 pásů fólií PVC horkovzdušným svařovacím automatem	35 172,68	42 020,78

Provedení povlakové krytiny střech do 10° fóliové plechy VIPRANYL	4 267,32	4 267,32
Montáž lešení řadového modulového lehkého zatížení do 200 kg/m ²		20 970,00
Montáž ochranné plachty z textilie z umělých vláken		11 720,00
Demontáž ochranné plachty z textilie z umělých vláken		2 419,00
Demontáž lešení řadového modulového lehkého zatížení do 200 kg/m ²		5 826,00
Celkem	60 427,47	108 210,57

Zdroj: vlastní zpracování

6.6. Stanovení elektrického příkonu

V zimním období se zvyšuje spotřeba elektřiny kvůli vytápění a elektroohřevu, a proto je nutné stanovit minimální elektrický příkon pro extrémní klimatické podmínky.

Pro stanovení maximálního výkonu se použijí vybrané procesy: zdění nosných stěn, aplikace vnitřních omítek a střešní hydroizolace. Hodnoty výkonu vnějšího a vnitřního osvětlení a vytápění stavebních buněk budou průměrné s ohledem na velikost stavby.

6.6.1. Stanovení zdánlivého maximálního příkonu

Tab. 25: Výkon strojů a zařízení, zdění nosných stěn

Zařízení	Příkon [kW]	Počet	Celkem
Jeřáb	35	1	35
Pila na řezání tvárnic	3,2	1	3,2
Míchačka	2,2	1	2,2
Ohřívač vody	2,2	1	2,2
Zařízení pro elektroohřev	47,35	1	47,35
Celkem			89,95

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 26: Výkon strojů a zařízení, vnitřní omítky

Zařízení	Příkon [kW]	Počet	Celkem
Jeřáb	35	1	35
Omítací stroj	4,5	2	9
Elektrické topidlo	6	3	18
Elektrické topidlo	3	2	6
Celkem			68

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 27: Výkon strojů a zařízení, střešní hydroizolace

Zařízení	Příkon [kW]	Počet	Celkem
Jeřáb	35	1	35
Svařovací automat	3,4	1	3,4
Topidlo plynové	0,06	1	0,06
Celkem			38,56

Zdroj: vlastní zpracování

Maximální výkon strojů a zařízení je 89,95 kW.

Tab. 28: Výkon venkovního osvětlení

Zařízení	Příkon [kW]	Počet	Celkem
Vnější osvětlení	0,5	10	5
Celkem			5

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 29: Výkon vnitřních topidel a osvětlení buněk

Zařízení	Příkon [kW]	Počet	Celkem
Vnitřní osvětlení buněk	0,036	18	0,648
Topení v buňkách	1,5	9	13,5
Celkem			14,148

Zdroj: vlastní zpracování

$$S = K / \cos \alpha * (\beta_1 * \Sigma P_1 + \beta_2 * \Sigma P_2 + \beta_3 * \Sigma P_3)$$

S – maximální současný zdánlivý příkon (kVA)

K – koeficient ztráty napětí v sítí (1,1)

β_1 – průměrný součinitel náročnosti elektromotorů (0,7)

β_2 – průměrný součinitel náročnosti venkovního osvětlen. (1,0)

β_3 – průměrný součinitel náročnosti vnitřního osvětlen. (0,8)

$\cos \alpha$ – průměrný účinník spotřebičů (0,5 – 0,8)

P1 – součet štítkových výkonů elektromotorů (kVA)

P2 – součet výkonů venkovního osvětlen. (kVA)

P3 – součet výkonů vnitřního osvětlen. a topidel (kVA)

$$S = K / \cos \alpha * (\beta_1 * \Sigma P_1 + \beta_2 * \Sigma P_2 + \beta_3 * \Sigma P_3) = 1,1 / 0,7 * (0,7 * 89,95 + 1 * 5 + 0,8 * 14,148) = 124,59 \text{ kVA} = 125 \text{ kVA}$$

Napojení na zdroj elektrické energie v extrémních klimatických podmínkách musí splňovat požadovaný příkon minimálně 125 kVA.

ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zaměřila na stavební procesy v extrémních klimatických podmínkách, konkrétně při nízkých teplotách. Cíle bakalářské práce byly:

- Popsat specifiku výstavby v zimním období
- Popsat technologické postupy vybraných stavebních prací pro kvalitní provedení za nízkých teplot
- Zjistit podmínky správného skladování materiálů
- Porovnat časovou a finanční náročnost vybraných stavebních prací v extrémních klimatických podmínkách s normálními podmínkami

První část práce přiblížila a popsala specifiku výstavby za nízkých teplot. Nepříznivé klimatické podmínky mají velký vliv na výkonnost pracovníků, vlastnosti materiálů a údržbu strojů i náradí. Dále byly popsány technologické postupy při provedení zdění stěn, aplikace omítek a provedení hydroizolace. Z výsledku plyne, že opatření pro výstavbu v zimním období mají větší vliv na energie (elektrina, plyn) a na dobu výstavby, a to kvůli technologickým přestávkám a zvýšené náročnosti na přípravu staveniště. Zmíněna jsou také specifika skladování materiálů při nízkých teplotách s ohledem na jejich vlastnosti.

Praktickou část práce jsem zaměřila na porovnání časové a finanční náročnosti vybraných procesů u konkrétního stavebního objektu. K tomuto posouzení jsem vybrala čtyřpatrový rodinný dům, který by se mohl postavit ve městě Pec pod Sněžkou.

S ohledem na specifiku daného stavebního projektu jsem stanovila vhodná opatření pro kvalitní provedení prací v extrémních klimatických podmínkách. Na základě kalkulace jednotlivých procesů, kterými jsou zdění nosných stěn, aplikace vnitřních omítek a střešní hydroizolace, jsem zjistila, že celkové náklady na provedení těchto prací při nízkých teplotách jsou o 376 619,12 Kč bez DPH vyšší oproti ceně stavby za normálních podmínek. Toto navýšení představuje 49 %.

Největší finanční náročnost jsem zaznamenala u zdění nosných stěn při použití elektroohřevu a u provedení střešní hydroizolace s použitím vytápěného stanu. Pro objekty malého rozsahu, jako je rodinný dům, je zbytečné používat temperovaný stan.

Při porovnání časové náročnosti jsem zjistila, že doba trvání vybraných prací bude v průměru dvakrát delší. Doba trvání provedení střešní hydroizolace bude dokonce třikrát delší než za normálních podmínek, a to kvůli montáži a demontáži stanu.

Tab. 30: Srovnání časové a finanční náročnosti procesů

Proces	Za normálních podmínek		Za extrémních podmínek	
	Cena práce	Doba trvání [dny]	Cena práce	Doba trvání [dny]
Zdění nosných stěn	541 749,35 Kč	30	734 974,37 Kč	58
Aplikace vnitřních omítek	164 439,50 Kč	52	300 050,50 Kč	99
Střešní hydroizolace	60 427,47 Kč	2	108 210,57 Kč	6
Celkem	766 616,32 Kč	84	1 143 235,44 Kč	163

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě této bakalářské práce a jejich zjištění se dá říct, že problematika výstavby za nízkých teplot není jednoduchá. Na výběr vhodného opatření má vliv hodně faktorů, jako jsou rozsah výstavby a objem prací, vybrané technologie pro jednotlivé procesy, použité materiály, klimatické podmínky, poloha místa stavby, zkušenost pracovníků a požadavky investora. Při různých kombinacích těchto faktorů je nutné individuálně navrhnout opatření k tomu, aby stavební práce v extrémních klimatických podmínkách byly provedeny kvalitně, nebo je posunout v harmonogramu mimo zimní období. Některá opatření jsou velmi náročná z hlediska času i ceny (např. temperovaný stan nebo elektroohřev), a proto není jejich využití u malých staveb vůbec efektivní. V neposlední řadě nesmíme zapomenout na bezpečnost pracovníků, neboť práce ve venkovním prostoru při nízkých teplotách je rizikovým faktorem.

LITERATURA

- [1] TELICHENKO, V., TEREENT'EV, O., LAPIDUS, A. *Tekhnologiya stroitel'nykh processov: Uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov. Tom 1.* Moskva: Visshaya shkola, 2005
- [2] TELICHENKO, V., TEREENT'EV, O., LAPIDUS, A. *Tekhnologiya stroitel'nykh processov: Uchebnik dlya stroitel'nykh vuzov. Tom 2.* Moskva: Visshaya shkola, 2005
- [3] ATAEV, S., DANILOV, N., PRYKIN, B., et al. *Tekhnologiya stroitel'nogo proizvodstva.* Moskva: Strojizdat, 1984
- [4] MUSATOVA, N., MYAGKOV, A., SHISHKIN, V., et al. *Tekhnologicheskaya karta na elektroobogrev nagrevatel'nymi provodami monolitnykh betonnykh konstrukcij.* Moskva: CNIOMTP, 1985
- [5] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [6] Nařízení vlády č. 495/2001 Sb., kterým se stanoví rozsah a bližší podmínky poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředků. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-495>
- [7] DEVERA, Filip. *Vybrané aspekty výstavby v extrémních klimatických podmínkách* [online]. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické. Fakulta stavební. Ing. Václav Pospíchal, Ph.D. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/67987>
- [8] SLÁDEK, Martin. *Opatření pro hrubou stavbu v zimním období* [online]. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické. Fakulta stavební. Ing. Václav Pospíchal, Ph.D. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/70295>
- [9] KÁNĚ, L., ODEHNAL, L., KAULICH, V., NÁDVORNÍK, J., *DEKPLAN střešní fólie – Montážní návod.* 14. vyd. Praha: DEK, a.s., 2020
- [10] HŮLKA, C., KÁNĚ, L., MAŘÍK, R., et al. *STAVEBNINY DEK – ASFALTOVÉ PÁSY – Montážní návod.* 20. vyd. Praha: DEK, a.s., 2020
- [11] V kolik se rozednívá a stmívá? www.meteogram.cz [Online] [cit. 2020-04-17] <https://www.meteogram.cz/vychod-zapad-slunce/>

- [12] Bezpečná práce za extrémních teplot. www.asb-portal.cz [Online] [cit. 2020-02-27] <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/bezpecna-prace-za-extremnich-teplot>
- [13] Zimní pracovní oděvy. www.oopp.cz [Online] [cit. 2020-02-27] <https://www.oopp.cz/zimni-pracovni-odevy>
- [14] Rizika práce v chladu. www.bozpprofi.cz [Online] [cit. 2020-02-27] https://www.bozpprofi.cz/33/rizika-prace-v-chladu-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_ZxcqQT2RX_81_frG6ZKvSQ4/?justloggged=1
- [15] Zimní údržba a BOZP – jaká zaměstnancům hrozí rizika? www.bozpforum.cz [Online] [cit. 2020-03-03] <https://bozpforum.cz/2020/01/02/zimni-udrzba-a-bozp-jaka-zamestnancum-hrozi-rizika/>
- [16] The challenges of winter construction. www.tfharper.com [Online] [cit. 2020-03-02] <https://www.tfharper.com/the-challenges-of-winter-construction/>
- [17] Elektrické nářadí v kůlnách během zimy trpí. Jak ho správně připravit na zimu? hobby.instory.cz/ [Online] [cit. 2020-03-03] <https://hobby.instory.cz/3747-elektricke-naradi-v-kulnach-behem-zimy-trpi-jak-ho-spravne-pripravit-na-zimu.html>
- [18] Sněhové frézy. www.namir.cz [Online] [cit. 2020-03-03] <https://www.namir.cz/snehove-frezy/>
- [19] Tekhnologiya stroitel'nyh processov. www.perekos.net [Online] [cit. 2020-03-06] <https://perekos.net/sections/view/62>
- [20] Kladka v teplyakah. www.msd.com.ua [Online] [cit. 2020-03-10] <https://msd.com.ua/kamennym-rabotam/kladka-v-teplyakax/>
- [21] Usilenie kirpichnoj kladki. www.almaznm.ru [Online] [cit. 2020-03-10] <http://almaznm.ru/usilenie/v-kirpichnyh-stenah/>
- [22] Stroitel'nye teplyaki. www.neateh-stroy.ru [Online] [cit. 2020-03-17] <http://www.neateh-stroy.ru/objects/stroitelnye-teplyaki/>
- [23] Infrazářiče. www.alza.cz [Online] [cit. 2020-03-28] <https://www.alza.cz/infrazarice/18855489.htm>

- [24] Elektrické ohřivače vzduchu podlahové. www.ventilatory.cz [Online] [cit. 2020-03-28] <https://www.ventilatory.cz/elektricke-ohrivace-vzduchu-podlahove-x2s16327>
- [25] Vysoly na shtukaturke. www.vysoly.ru [Online] [cit. 2020-03-28] <http://vysoly.ru/vysoly-na-shtukaturke.html>
- [26] Výkvěty – jejich omezování a odstraňování. www.eshop.kb-blok.cz [Online] [cit. 2020-03-28] <https://eshop.kb-blok.cz/documents/21-20170000000/CS/Rádce/Vykvety%20priciny%20a%20jejich%20odstraneni.pdf>
- [27] Kak hranit' kirpich na ulice: vybor mesta, sovety i osobnosti. www.dvabrevna.ru [Online] [cit. 2020-04-12] <https://dvabrevna.ru/stroymaterialyi/kak-hranit-kirpich-na-ulitse.html>
- [28] Kak hranit' penobloki zimoj na ulice i proizvodit' ukladku: del'nye sovety, uchityvayushchie osnovnye osobnosti izdelij. www.kladka-info.ru [Online] [cit. 2020-04-12] <http://kladka-info.ru/bloki/kak-hranit-penobloki-zimoj-na-ulice-124>
- [29] Usloviya hraneniya cementa v meshkah. www.chm-b.com [Online] [cit. 2020-04-12] <https://chm-b.com/usloviya-hraneniya-tsementa-v-meshkah/>
- [30] Popis technologie k montáži asfaltových pásů AQUAIZOL. www.aquaizol.cz [Online] [cit. 2020-04-12] <http://www.aquaizol.cz/montaz/popis-technologie-k-montazi-asfaltovy-ch-pasu-aquaizol/>
- [31] Archiv počasí Pec pod Sněžkou. www.meteoblue.com [Online] [cit. 2020-04-22] https://www.meteoblue.com/cs/pocasi/historyclimate/weatherarchive/pec-pod-snezhou_Cesko_3068473?fcstlength=1m&year=2016&month=12
- [32] Návrh technologie betonáže za zimních podmínek. www.celysvet.cz [Online] [cit. 2020-04-23] <http://www.celysvet.cz/nzo/ekonomicky-model>
- [33] Orientační časové ukazatele prací a dodávek. www.web.cvut.cz [Online] [cit. 2020-04-23] <http://web.cvut.cz/fa/u524/rea/podklady/ukazatele/podklady.html>
- [34] Výpočet doby ohřevu teplé vody. www.vytapeni.tzb-info.cz [Online] [cit. 2020-04-25] <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/97-vypocet-doby-ohrevu-teple-vody>

- [35] Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210. www.vytapeni.tzb-info.cz
[Online] [cit. 2020-04-25] <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/107-vypocet-tepelne-ztraty-objektu-dle-csn-06-0210>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Graf délky dne v Praze	11
Obr. 2	Posypový vozík	15
Obr. 3	Sněhová fréza	15
Obr. 4	Zesílení zdiva pomocí výztuže	18
Obr. 5	Schéma elektroohřevu stěny	20
Obr. 6	Schéma elektroohřevu zděného pilíře	21
Obr. 7	Zdění stěn ve vytápěném stanu	23
Obr. 8	Zesílení zdiva v průběhu rozmrzání	24
Obr. 9	Zesílení sloupu	25
Obr. 10	Provedení hydroizolace ve vytápěném stanu	26
Obr. 11	Infrazáříč	28
Obr. 12	Průmyslové topidlo s ventilátorem	29
Obr. 13	Solné výkvěty na omítce	30
Obr. 14	Zafóliované palety s děrovanými cihlami	34
Obr. 15	Zafóliované palety s pórobetonovými tvárnicemi	35
Obr. 16	Skladování maltových směsí na paletách	36
Obr. 17	Skladování asfaltových pásů	37
Obr. 18	Východní pohled na objekt (vchod)	39
Obr. 19	Severní pohled na objekt	39
Obr. 20	Minimální a průměrná teplota v roce 2016	41
Obr. 21	Minimální a průměrná teplota v roce 2017	42
Obr. 22	Minimální a průměrná teplota v roce 2018	43
Obr. 23	Minimální a průměrná teplota v roce 2019	44
Obr. 24	Průměrná teplota	45
Obr. 25	Vliv teploty na výkonnost	46
Obr. 26	Výpočet doby ohřevu vody	48
Obr. 27	Harmonogram zdění nosných stěn 1.PP	50
Obr. 28	Doba trvání zdění nosných stěn	52
Obr. 29	Srovnání finanční náročnosti zdění nosných stěn	53
Obr. 30	Harmonogram omítání vnitřních povrchů 1.PP	55
Obr. 31	Doba trvání aplikace vnitřních omítek	58

Obr. 32	Srovnání finanční náročnosti aplikace vnitřních omítek	59
Obr. 33	Harmonogram střešní hydroizolace	61
Obr. 34	Doba trvání provedení střešní hydroizolace	63
Obr. 35	Srovnání finanční náročnosti provedení střešní hydroizolace	64

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Délka světového dne v zimním období	10
Tab. 2	Doba trvání práce v závislosti na teplotě a rychlosti větru	12
Tab. 3	Průměrné náklady na zimní OOPP	13
Tab. 4	Protokol měření teploty	21
Tab. 5	Pevnost zdiva	22
Tab. 6	Množství potaše v závislosti na venkovní teplotě	31
Tab. 7	Teploty v roce 2016	41
Tab. 8	Teploty v roce 2017	42
Tab. 9	Teploty v roce 2018	42
Tab. 10	Teploty v roce 2019	43
Tab. 11	Průměrné teploty v roce 2016–2019	44
Tab. 12	Rozbor elektroohřevu zdiva 1.PP	49
Tab. 13	Rekapitulace kalkulace zdění nosných stěn za extrémních podmínek	51
Tab. 14	Srovnání časové náročnosti zdění nosných stěn	52
Tab. 15	Srovnání nákladů na zdění nosných stěn	53
Tab. 16	Tepelné ztráty pracovních prostorů	54
Tab. 17	Rozbor aplikace omítek 1.PP	55
Tab. 18	Výpočet spotřeby energie na ohřev pracovního prostoru	56
Tab. 19	Rekapitulace kalkulace aplikace vnitřních omítek za extrémních podmínek	57
Tab. 20	Srovnání časové náročnosti aplikace vnitřních omítek	58
Tab. 21	Srovnání nákladů na aplikace vnitřních omítek	59
Tab. 22	Rozbor střešní hydroizolace	61
Tab. 23	Rekapitulace kalkulace střešní hydroizolace za extrémních podmínek	62
Tab. 24	Srovnání nákladů na střešní hydroizolace	64
Tab. 25	Výkon strojů a zařízení, zdění nosných stěn	65
Tab. 26	Výkon strojů a zařízení, vnitřní omítky	65
Tab. 27	Výkon strojů a zařízení, střešní hydroizolace	66
Tab. 28	Výkon venkovního osvětlení	66

Tab. 29	Výkon vnitřních topidel a osvětlení buněk	66
Tab. 30	Srovnání časové a finanční náročnosti procesů	69

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Technologický rozbor – zdění nosných stěn
- Příloha č. 2 Technologický rozbor – vnitřní omítky
- Příloha č. 3 Technologický rozbor – střešní hydroizolace
- Příloha č. 4 Harmonogram – zdění nosných stěn za normálních podmínek
- Příloha č. 5 Harmonogram – zdění nosných stěn za extrémních podmínek
- Příloha č. 6 Harmonogram – aplikace vnitřních omítek za normálních podmínek
- Příloha č. 7 Harmonogram – aplikace vnitřních omítek za extrémních podmínek
- Příloha č. 8 Harmonogram – střešní hydroizolace za normálních podmínek
- Příloha č. 9 Harmonogram – střešní hydroizolace za extrémních podmínek
- Příloha č. 10 Kalkulace – zdění nosných stěn za normálních podmínek
- Příloha č. 11 Kalkulace – zdění nosných stěn za extrémních podmínek
- Příloha č. 12 Kalkulace – aplikace vnitřních omítek za normálních podmínek
- Příloha č. 13 Kalkulace – aplikace vnitřních omítek za extrémních podmínek
- Příloha č. 14 Kalkulace – střešní hydroizolace za normálních podmínek
- Příloha č. 15 Kalkulace – střešní hydroizolace za extrémních podmínek